



Estudo Técnico e Econômico do Diesel no Brasil

Asafe Bizarria de Araujo
Milena Hudson da Silva

Projeto Final de Curso

Orientadores
Prof. Luís Eduardo Duque Dutra, D. Sc.
José Eduardo Andrade, M. Sc.

Novembro 2019

ESTUDO TÉCNICO E ECONÔMICO DO DIESEL NO BRASIL

Asafe Bizarria de Araujo
Milena Hudson da Silva

Projeto de Final de Curso submetido ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Química

Aprovado por:

Prof. Bettina Susanne Hoffmann, D. Sc.

Prof. Clarice C. de Mello Ferraz, D. Sc.

Daniel Lopes Rozental, B.el.

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Novembro 2019

de Araujo, Asafe Bizarria

Estudo técnico e econômico do diesel no Brasil/ Asafe Bizarria de Araujo e Milena Hudson da Silva. – Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2019.

89f.: il.; 30 cm.

Orientadores: José Eduardo Andrade e Luis Eduardo Duque Dutra

Monografia (graduação) – UFRJ/EQ/ Curso de Engenharia Química, 2019.

Referências Bibliográficas: p. 91-94

1. Especificações técnicas. 2. Refino de petróleo. 3. Mercado de diesel. I. da Silva, Milena Hudson. II. de Andrade, José Eduardo e Dutra, Luis Eduardo Duque. III. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Curso de graduação em Engenharia Química. IV. Estudo técnico e econômico de diesel no Brasil

SUMÁRIO

1. Introdução	14
2. Objetivos	14
3. O óleo diesel	15
3.1. Motor Diesel	17
3.1.1. Redução de Emissões.....	21
3.1.2. Qualidade de Ignição.....	22
3.1.3. Estabilidade à Oxidação, Teor de Água	23
3.1.4. Aditivos para Óleo Diesel	24
3.1.5. Conjunto de propriedades para assegurar a qualidade do diesel e para atender ao processo de autoignição nos motores.....	25
3.2. A importância do Óleo Diesel.....	25
4. O biodiesel	28
4.1. Transesterificação de óleo e gorduras.....	29
4.2. Especificações do biodiesel	30
4.3. A importância do biodiesel	31
4.3.1. O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, o PNPB.....	32
4.3.2. Benefícios Ambientais	33
4.3.3. Impactos da primeira fase do PNPB.....	33
4.3.4. Agricultura familiar	34
5. Mercado do diesel no Brasil	36
5.1. O refino de derivados no Brasil.....	36
5.2. O mercado de refino no Brasil.....	39
5.3. Especificação do óleo diesel	41
5.3. Perda de Rendimento	53
5.4. Produção e consumo de óleo diesel.....	56
5.5. Importação e Exportação	64
5.6. Preço dos combustíveis no Brasil	66

5.6.1. Composição de preços de venda para o consumidor.....	73
5.7. Logística e Cadeia de Suprimento do Diesel	75
5.7.1. Logística de Fornecimento de Petróleo	75
5.7.2. Transporte do petróleo brasileiro à refinaria.....	75
5.7.3. Transporte de petróleo externo a refinaria	76
5.8. Logística de Fornecimento de Biodiesel.....	77
5.9. Logística de Fornecimento de Diesel Comercial	80
6. Considerações Finais.....	83
7. Bibliografia	86

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Crescimento relativo ao consumo de derivados de petróleo no Brasil.....	27
Gráfico 2 – Distribuição percentual da produção de derivados energéticos de petróleo em 2017	28
Gráfico 3. Capacidade de refino no Brasil em barril/dia de 1965 a 2015.	38
Gráfico 4. Evolução do teor de enxofre no óleo diesel	48
Gráfico 5. Produção de diesel nas refinarias em operação em 2010, por origem (m³/dia).	54
Gráfico 6. Perfil de produção de diesel nas refinarias em operação em 2010.	55
Gráfico 7. Produção de diesel nas refinarias em operação em 2010, por tipo de HDT.	56
Gráfico 8. Produção de diesel no Brasil de 2009 a 2018	58
Gráfico 9. Consumo aparente de óleo diesel no Brasil entre 2009 e 2018.	59
Gráfico 10. Importação e Exportação de diesel entre 2009 e 2018.....	64
Gráfico 11. Preço do produtor de óleo diesel no Brasil e cotação internacional US Gulf (US\$/litro) entre 2002 e 2018.	69
Gráfico 12. Evolução da cotação internacional do petróleo (WTI e Brent) de 2009 a 2018 (US\$/litro)	70
Gráfico 13. Evolução do câmbio R\$/US\$ americano entre os anos de 2009 e 2018. ...	71
Gráfico 14. Evolução das cotações de óleo diesel e do preço ponderado médio interno do produtor e importador em R\$/litro.....	72
Gráfico 15. Tributos estaduais e federais incidente sobre o diesel por UF.	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de refino para a produção de derivados.....	16
Figura 2. Exemplo de motor diesel com 4 cilindros	21
Figura 3. Reação de obtenção do biodiesel	30
Figura 4. Localização dos parque de refino.....	40
Figura 5. Fluxo de alterações nas especificações do diesel no Brasil.....	43

Figura 6. Cadeia de comercialização do diesel	74
Figura 7. Terminal aquaviário para recebimento de petróleo cru	77
Figura 8. Unidades de produção de biodiesel no Brasil	78
Figura 9. Sistema nacional de abastecimento de combustíveis	80
Figura 10. Infraestrutura de Produção e Movimentação de Petróleo e Derivados	82

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Composição do óleo diesel	17
Tabela 2. Importação de derivados de petróleo, em mil m ³ ao ano, período 1929 A 1947	26
Tabela 3. Evolução capacidade nominal versus evolução produção.	34
Tabela 4. Especificações do óleo diesel S10	47
Tabela 5. Principais unidades de processo	49
Tabela 6. Capacidades nominais máximas nas refinarias brasileiras	50
Tabela 7. Capacidades nominais das refinarias brasileiras projetadas para 2020.....	50
Tabela 8. Produção de diesel por refinaria em 2018.....	57
Tabela 9. Produção de diesel por refinaria no ano de 2018.....	60
Tabela 10. Produção de óleo diesel por região e estado.	60
Tabela 11. Consumo de diesel por unidade federativa	61
Tabela 12. Diferença entre produção e consumo por região em 2018.....	62
Tabela 13. Balança comercial entre 2013 e 2017	65
Tabela 14. Importação de óleo diesel por país importador em 2019.....	65
Tabela 15. Volume de produção de biodiesel por região do Brasil	78

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos Milena

Agradeço primeiramente a Deus por ter guiado e iluminado meu caminho até aqui, carregando fé e muita resiliência.

Aos meus pais, Ricardo e Alessandra, minha imensurável gratidão por terem me ensinado, durante toda a vida, ética, determinação e sensibilidade ao próximo. A minha formação, seja ela pessoal ou profissional, é fruto do amor e apoio incondicionais demonstrados e provados diariamente. Obrigada por serem minha força.

À minha família, toda a gratidão pelo apoio e confiança depositados até aqui. A conquista desse caminho longo, árduo e desafiador também é um pouquinho de cada um de vocês que me acompanharam: vovó Graça, vovô Manel e Francisco, tia Lu, tia Nana, Tia Gagal, tia Celi, Alice, Arthur, Hugo, André, Manu, Raquel, Luana, Diego, Daniel, Joice, Vânia e Pedro.

À minha avó Maria José, uma das minhas maiores saudades, o meu muito obrigada por todo o amor que recebi durante os quatorze anos em que dividimos a vida e, mesmo diante de uma distância muitas vezes devastadora, guiar meus caminhos e escolhas. À minha tia e madrinha Neli, a imensa gratidão de termos compartilhado tantos momentos, risadas e por também ser uma das luzes mais lindas que iluminam a minha vida.

Ao Matheus, meu namorado e amor, minha eterna gratidão pelo companheirismo, amor, paciência, carinho, suporte incondicional e por jamais deixar de acreditar em mim. Sua presença inabalável tornou o caminho mais leve de se trilhar. Muito ainda há por vir!

Aos Soares Barletta, Ranieri, Cristina, Daniela e Luiz Filipe, por terem me acolhido com tanta dedicação, carinho e, sem distinção alguma, fizeram de mim parte da família.

Às minhas companheiras de lar e grandes amigas: Luisa, que dividiu não apenas o mesmo teto, mas também fez parte da luta diária que é a Engenharia Química, me ensinou, apoiou, incentivou, celebrou e me inspirou a ser melhor a cada momento; Letícia, que tornou o dia-a-dia e a rotina mais divertidos, alegres, coloridos e dividiu valores, crenças e dedicação que me impulsionaram ainda mais e Julia, pelo apoio e paciência nos momentos mais difíceis dessa jornada.

Aos amigos que a Engenharia Química me deu: Gabriel Santos, Gabriel Bertassone, Bruna, Leo Martins, Leo Terra, Aluan, Morgana, Clara, Hanna, Roberto, Ailma, Pietro, Guilherme, o meu muito obrigada pelos momentos divertidos, pelas batalhas e por terem feito valer a regra de que ninguém se forma sozinho.

Aos amigos que caminham comigo há tanto tempo que não lembro da minha vida sem eles: Renata, Danstray, Núria, Marina, Flora, Annelize, Ana Vitória, Camilla, Isabela, Iago, André, Bia Thedin, Nathália, Larissa e Helô. As vitórias e, até as derrotas, não teriam o mesmo significado sem cada um de vocês.

À Bia Queiroz, minha pessoa, melhor amiga e irmã, por estar comigo há mais de 20 anos, me apoiar, celebrar, me ensinar a crescer, compartilhar valores e por estar sempre presente.

Aos professores e mestres que fizeram parte de todo o meu desenvolvimento e transformação desde o ensino infantil até o ensino superior, o meu eterno agradecimento. O ensinamento de cada um é essencial para a construção de um mundo melhor.

Aos professores e orientadores José Eduardo e Luis Eduardo pela dedicação, ensinamentos e disponibilidade, tornando possível a realização, com excelência, deste trabalho.

Por fim, à UFRJ e à educação pública de qualidade que são capazes de transformar indivíduos e torná-los donos do seu próprio destino. Indivíduos são responsáveis por modificar a realidade e fazer do Brasil e do mundo lugares mais justos e melhores.

Agradecimentos Asafe

Agradeço primeiramente a Deus por ter me sustentado e me dado capacidade de estudar para acessar o ensino público universitário e conseguir concluir o curso de Engenharia Química e elaborar este trabalho de conclusão de curso.

Aos meus pais, Arão e Mônica Araújo que foram os maiores apoiadores e patrocinadores dos meus estudos, desde a infância me educando e me instruindo para que eu alcançasse meus objetivos e sonhos, sempre se sacrificando para que eu pudesse ter a melhor educação possível. À minha irmã, Priscila pois mesmo mais nova sempre me ajudou com o convívio e muito amor no apoio sobre meus estudos.

À minha namorada Camila Furtado que durante os anos finais da graduação teve um papel fundamental em todo apoio e cobrança nos meus estudos. Sempre me ajudando, dando dicas e instruindo com seu entusiasmo e participando do meu sonho comigo. Esta formação e TCC é tanto meu quanto dela.

Agradeço aos meus avós por todos ensinamentos e apoio aos estudos permitindo muitas vezes que eu pudesse estudar na casa deles para que eu conseguisse alcançar este objetivo final.

Aos meus professores do ensino médio, em especial meu professor de Química Cláudio Barreto que participou fortemente da minha formação no ensino médio, podendo me oferecer uma bolsa no curso pré vestibular além de me inspirar e influenciar a escolher o curso de Engenharia Química.

Agradeço aos meus orientadores José Eduardo e Luis Dutra por todos os ensinamentos, discussões e orientações para realização deste trabalho de término de curso.

E por final, agradeço novamente a Deus que se não fosse todas as pessoas na minha vida, não conseguiria realizar este sonho.

RESUMO

O diesel é um dos combustíveis mais importantes para a atividade econômica em geral, tanto no Brasil como no mundo. Portanto, conhecer suas propriedades e especificações, sua tecnologia de produção, buscando compreender as questões que justificam sua relevância para as necessidades econômicas, sociais e ambientais de nossa sociedade. Assim, é fundamental conhecer a estrutura de custos e dos preços do combustível, bem como sua demanda por cada região do país. Será preciso aprofundar o conhecimento sobre a tecnologia do diesel e todos os aspectos que podem influenciar sua utilização e suas exigências de planejamento, seja sob o ângulo energético, econômico, social, ambiental e estratégico que justifiquem medidas governamentais a fim de incentivar o desenvolvimento da produção, transporte e fornecimento do diesel aos consumidores brasileiros.

Desta forma, com este trabalho, através de levantamento bibliográfico e de dados, tem como objetivo contribuir para o fomento do conhecimento sobre o diesel e estimular reflexões sobre os desafios a serem enfrentados pelos atores responsáveis pelo segmento, de modo a assegurar o adequado abastecimento das necessidades e demandas da sociedade brasileira.

ABSTRACT

Diesel is one of the most important for general economic activity, both in Brazil and worldwide. Therefore, know its properties and specifications, technology of production, seeking to understand as issues that justify their relevance to the economic, social and needs of our society. Thus, it is essential to know the cost structure and prices, as well as its demand for each region of the country. Knowledge about diesel technology and all aspects that may influence its use and its planning hazards will be needed, from the energy, economic, social, environmental and strategic angle that justify measures for the development or involvement of the diesel. diesel production, transportation and supply to Brazilian consumers.

Thus, with this work, through the bibliographic and data survey, it aims to contribute to foster knowledge about diesel and stimulate reflections on the challenges faced by the actors involved in the segment, in order to use the appropriate use of needs and demands. of Brazilian society.

1. Introdução

Em 2017, aproximadamente 32% da matriz energética global era oriunda do petróleo e derivados. No entanto, no Brasil, este percentual é ainda mais elevado atingindo os 36%. Estes números mostram a relevância desta parcela energética com destaque aos produtos derivados do petróleo, além de ser a fonte mais utilizada no mundo, na frente do carvão e do gás natural, respectivamente (BEN, 2018).

Nota-se a importância do petróleo e seus derivados no dia a dia do Brasil e do mundo, os quais são essenciais para diversos setores do país como: indústria, transporte, energia e outros setores. Todavia, é também necessário entender a relevância específica de cada derivado do petróleo, suas complexidades, particularidades e seus eventuais impactos quando geram alta dependência em determinados setores.

Com o aumento do fornecimento nacional de derivados, após investimentos na área, a partir da década de 60, com a construção das refinarias de petróleo em solo brasileiro, tem sido crescente o consumo, onde destacam-se o gás liquefeito de petróleo (GLP), gasolina, querosene de aviação, óleo combustível e, o produto de interesse deste estudo, o diesel. Dentre os produtos acima destacados, o óleo diesel apresenta-se o mais relevante em termos de consumo, tornando-o essencial em diversos setores do Brasil.

Visto a relevância do óleo diesel, faz-se importante a avaliação dos fatores relacionados a sua produção e consumo, sua correlação com indicadores econômicos, a política de preços e de investimento na capacidade instalada para o seu fornecimento. Além destas importantes relações, destacam-se as exigências da adição do biodiesel ao óleo diesel das refinarias, provocando a necessidade de entender as características que formam a produção e o fornecimento do combustível.

2. Objetivos

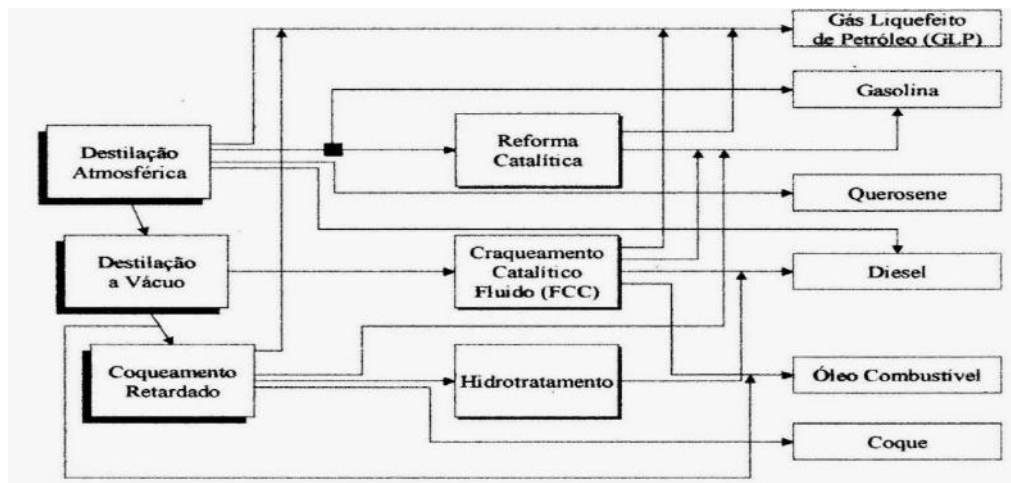
O principal objetivo deste trabalho é conhecer e mapear as singularidades do diesel no Brasil quanto suas características técnicas, tecnológicas e mercadológicas. O setor de combustíveis, em sua maioria, possui elevado grau de complexidade pois envolve muitas áreas de conhecimento em sua discussão, não diferente no caso deste estudo que é o óleo diesel.

Este trabalho de conclusão de curso tem também como objetivo identificar os problemas existentes nos aspectos mercadológicas e logísticos. Além de identificar causas e problemas, fornecer informações mais detalhadas sobre o diesel e suas complexidades fazendo com que seja possível provocar discussões e reflexões sobre decisões a serem tomadas no que diz respeito ao mercado e a toda cadeia de fornecimento do óleo diesel no Brasil.

3. O óleo diesel

O óleo diesel é um combustível líquido derivado do petróleo que contém moléculas de hidrocarbonetos com cerca de 10 a 22 átomos de carbono, cuja faixa de destilação está entre 150°C e 400°C, baixas concentrações de enxofre, nitrogênio e oxigênio. A partir das diferentes etapas de refino do petróleo, entre elas destilação atmosférica, craqueamento catalítico e coqueamento retardado, obtém-se frações de diesel. A essas correntes podem ser agregadas outras frações como gasóleos, querosene e nafta, contribuindo para a formulação do produto final, o óleo diesel. O conjunto de propriedades obtidas permite, majoritariamente, a utilização mais adequada em veículos movidos a motores que operam segundo o ciclo diesel. No Brasil, o óleo diesel apresenta elevada participação no transporte rodoviário, justificado pelo fato de as rodovias serem a base da matriz logística predominante. A comercialização do combustível ocorre mediante adição de biodiesel estabelecida pela lei federal nº 11.097/05, cuja proporção é definida e regulamentada pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. (SZKLO, 2012)

Figura 1. Esquema de refino para a produção de derivados



Fonte: Geopg.com

As frações parafínicas do petróleo são as cadeias de hidrocarbonetos que atribuem as melhores características de combustão ao óleo diesel, ao passo que cadeias aromáticas apresentam baixa qualidade de ignição, logo são menos desejáveis nos combustíveis utilizados em motores do ciclo Diesel. Se por um lado os compostos parafínicos possuem ótima qualidade de ignição, por outro lado têm maior facilidade de cristalização, ou seja, impede que o diesel se mantenha fluido a baixas temperaturas, fato que pode limitar a presença de hidrocarbonetos desse tipo de maior ponto de ebulição. Compostos naftênicos estão presentes no óleo diesel em quantidades relevantes, todavia não apresentam impactos positivos ou negativos no desempenho final do combustível, não afetando sua qualidade. A presença de compostos olefínicos provenientes dos processos de craqueamento catalítico e coqueamento retardado, mesmo em quantidades reduzidas, podem acarretar problemas de estabilidade. Para que essas frações estejam presentes no óleo diesel, sem afetar a qualidade, são necessários processos de hidrotratamento a fim de aprimorar as características de estabilidade à oxidação e de ignição, além de reduzir teores de contaminantes presentes. Compostos de enxofre, nitrogênio e oxigênio também estão presentes no óleo diesel. Teores de enxofre provocam corrosão acentuada e potencializam a emissão de materiais particulados. A presença de compostos nitrogenados provocam instabilidade no combustível e os

oxigenados conferem acidez e corrosividade ao produto, afetando diretamente a estabilidade termo-oxidativa. (FARAH, 2012)

Tabela 1. Composição do óleo diesel

	Parafínicos	Naftênicos	Aromáticos Totais	Monoaro- máticos	Diaro- máticos	Triaro- aromáticos	Poli- aromáticos
Média (%vol)	30	45	20	10	12	5	0,8
Máximo (%vol)	62	71	45	18	23	14	2
Mínimo (% vol)	15	24	6	3	0,5	0,3	0,2

Fonte: FARAH, 2012

As especificações do diesel são determinadas de acordo com a utilização final, seja em motores de ônibus, caminhões, carretas, veículos utilitários e embarcações marítimas. Dessa forma, o óleo é classificado em dois grupos abrangentes, para uso rodoviário e para uso não-rodoviário. O uso rodoviário é subdividido em óleo diesel S10, cujo teor máximo de enxofre total é de 10 ppm e óleo diesel S500 com teor máximo de enxofre total é de 500 ppm. Para a classificação de uso não-rodoviário, o diesel é denominado como óleo diesel TFM, destinado para geração de energia em termelétricas, transporte ferroviário, com teor máximo de enxofre de 1.800 mg/kg e óleo diesel marítimo, destinado a atender embarcações, é produzido, por questões de segurança, com a característica de ponto de fulgor¹ acima de 60°C (FARAH, 2012).

3.1. Motor Diesel

Durante o século XVIII, foram criados os primeiros motores a combustão externa, utilizados em máquinas estacionárias e movidos pelo vapor gerado pela queima do combustível, a lenha ou carvão. A partir do século XIX, foram desenvolvidos motores a

¹Menor temperatura na qual um combustível libera vapor em quantidade suficiente para formar uma mistura inflamável por uma fonte externa de calor.

combustão interna, cujo processo de queima do combustível passou a ser realizada no interior do próprio motor. Em 1861, Nikolaus Otto e Eugen Langen, ambos inventores alemães, desenvolveram um motor que operava a partir da compressão de uma mistura de ar e gás de iluminação, com ignição feita por uma centelha elétrica. No ano de 1889, aconteceu a primeira aplicação o motor Otto em veículos, utilizando-se como combustível a gasolina, derivada da indústria de petróleo em expansão (UPEL, 2013).

O engenheiro alemão Rudolf Diesel patenteou uma nova forma de motor a combustão interna, apresentada em 1892. O projeto original abordava o carvão em pó como combustível, no entanto a injeção de combustível líquido, derivado de petróleo, em ar aquecido apenas pela compressão potencializou a eficiência sobre outros motores de combustão interna (UFPEL, 2013). Atualmente, os motores para uso comercial do diesel são amplamente utilizados em atividades relacionadas a manufatura, construção civil, agricultura e geração de energia elétrica. A ampliação abrangente do combustível está diretamente relacionada ao processo de combustão eficiente, proveniente de operação com maior razão de compressão e aproveitamento das propriedades termodinâmicas, à densidade energética do óleo diesel, que contém cerca de 13,5% mais energia quando comparado a um mesmo volume de gasolina e às taxas de emissão inferiores de dióxido de carbono. Devido às operações com pressões médias mais elevadas que motores de ignição por centelha, ou seja, aqueles movidos a gasolina, os motores a diesel geram, em baixas rotações, maior torque, o que faz com que equipamentos e veículos pesados sejam fabricados com motores diesel.

Características particulares de funcionamento de motores do ciclo diesel definem as propriedades específicas requeridos do combustível, como a forma de introdução do líquido na câmara de combustão, o processo de ignição e a manutenção da combustão e dos meios de regular a potência de saída. A atividade do motor é iniciada pela sucção e compressão do ar, em que a etapa final envolve a introdução do combustível atomizado, vaporizando-o instantaneamente. A ignição do motor ocorre a partir da combustão espontânea, ou seja, a liberação de energia em forma de calor é de tal forma superior ao calor perdido para o ambiente vizinho, elevando a temperatura do sistema e, por

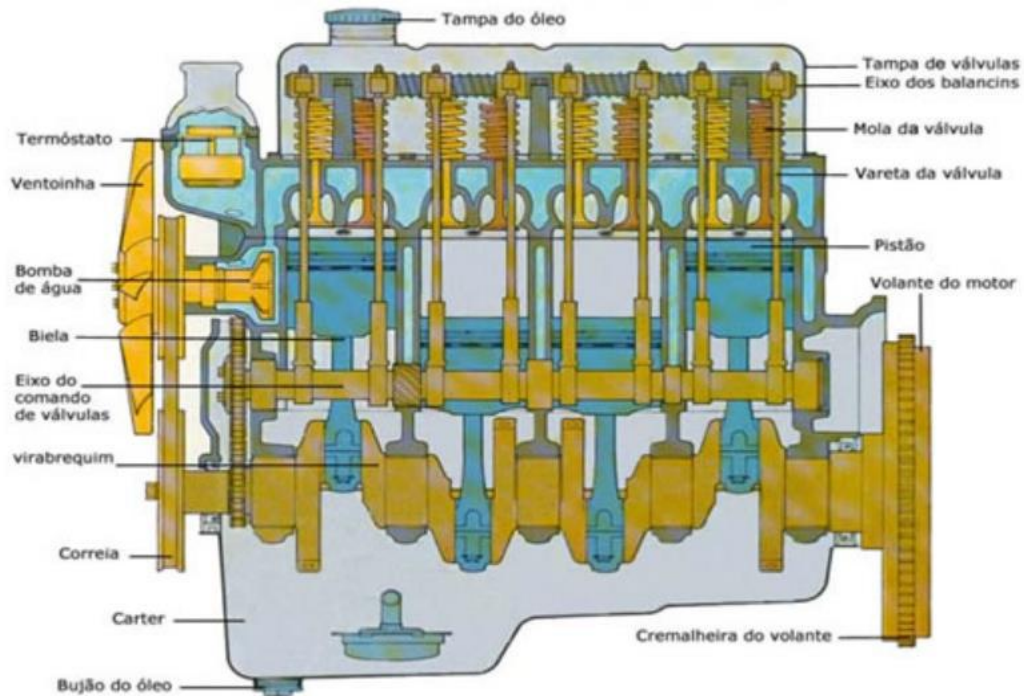
consequência, o aumentando exponencialmente as velocidades das reações químicas, estas simultâneas e interdependentes. A combustão espontânea ou autoignição ocorrem em diversas zonas da câmara de combustão em condições de temperatura de pressão e de concentração adequadas. Mediante condições de operação adversas, a autoignição é favorecida por taxas de compressão elevadas, cujos valores encontram-se na faixa de 15 e 24, que dependem do tipo de estrutura da câmara de combustão. Os motores a diesel apresentam maior resistência quando comparado aos motores a gasolina, uma vez que podem ser formadas diferentes zonas de autoignição e sua estrutura é projetada a fim de liberar rapidamente a energia no momento da autoignição. Portanto, a eficiência térmica dos motores a diesel é superior, potencializando a economia no consumo de combustível. A potência do motor é controlada pela quantidade de diesel injetado em um volume fixo de ar e não em função da relação combustível e ar na mistura, como ocorre em motores de ignição. Este é um fator que também contribui para maior economia de combustível. A quantidade de ar injetada é sempre superior à estequiométrica, garantindo combustão completa e distribuição homogênea do combustível ao longo do cilindro do motor (VALLE, 2007).

O motor diesel mais empregado é composto por quatro cilindros. Na parte superior de cada cilindro estão localizadas as válvulas de admissão de ar e de descarga dos gases de combustão. O combustível e o ar são injetados separadamente por um bomba de alta pressão e um injetor. Os pistões são ligados pela biela, dispositivo responsável por transformar movimento linear alternativo em movimento circular, ao eixo de manivela. Nas máquinas de diesel, a combustão é iniciada pela autoignição do combustível, logo não há sistema elétrico de ignição (VALLE, 2007).

O ciclo diesel se inicia com a fase de admissão de ar, seguida pela sua compressão. O diesel é injetado na câmara próximo ao ponto morto superior, vaporizando-se imediatamente e misturando-se com ar. Dessa forma, ocorre a autoignição, que constitui a fase de potência ou expansão, responsável por transformar a energia térmica em energia mecânica. Quando o pistão atinge o ponto morto inferior, a fase de descarga é iniciada e os gases de combustão são descarregados para a atmosfera, marcando a

finalização do ciclo. As fases do ciclo diesel são divididas em quatro, fase de admissão ocorre no instante em que o pistão parte do ponto morto superior para o ponto morto inferior. Abre-se a válvula de admissão e, devido à menor pressão no interior do cilindro, o ar é introduzido na câmara. A fase de admissão é finalizada quando o pistão atinge o ponto morto inferior, momento em que se fecha a válvula de admissão de ar. Por fim, ocorrem variações discretas na pressão do sistema ocasionadas pela introdução de ar. Em seguida, é iniciada a fase de compressão em que o pistão retorna ao ponto morto superior, mantendo-se fechadas as válvulas de admissão e descarga. O ar é então comprimido gradativamente de acordo com a respectiva taxa de compressão (V_2/V_1) de 14:1 a 24:1. O volume do sistema reduzido e, em contrapartida, a temperatura é elevada para valores entre 500°C e 800°C, dependendo da taxa de compressão aplicada. Sistemas com taxas de compressão maiores apresentam melhor desempenho na autoignição. Ao final da compressão, o diesel é introduzido sob a forma de gotículas em pressões elevadas e nebulizado na câmara de combustão, onde é vaporizado, entrando em contato com o ar aquecido e comprimido. O combustível é, então, inflamado espontaneamente. A fase de combustão e potência é prosseguida até que ocorra a interrupção da introdução de combustível pela bomba injetora. A fase de expansão e potência, em que a combustão é cessada, o gás se expande, empurra o pistão para baixo e transmite trabalho ao sistema até que o ponto morto inferior seja atingido. Por fim, a fase de descarga é iniciada no momento em que o pistão atinge o ponto morto inferior, abrindo a válvula de descarga e causando uma queda brusca na pressão do sistema pelo escape dos gases produzidos na combustão (FARAH, 2012)

Figura 2. Exemplo de motor diesel com 4 cilindros



Fonte: brasilescola.uol

3.1.1. Redução de Emissões

Os produtos da combustão gerado em motores do ciclo Diesel são gases que, quando emitidos, podem causar impactos ambientais. Dessa forma, o Conselho Nacional de Meio Ambiente, o CONAMA, estabeleceu limites para emissões de veículos leves e pesados por meio de um programa denominado PROCONVE, Programa de Controle de Poluição de Ar por Veículos Automotores, criado pela resolução nº 18 do CONAMA em 1986. Em outubro de 1993, a lei nº 8.723 endossou a obrigatoriedade de reduzir os níveis de emissão dos poluentes de origem veicular e estimular o desenvolvimento tecnológico dos fabricantes de automóveis, autopeças e combustíveis. Dessa forma, tanto os automóveis nacionais quanto os importados passaram a atender os limites estabelecidos (FARAH, 2012).

Às máquinas movidas a diesel foram atribuídos sistemas catalíticos redutores de emissão de NO_x, um dos principais poluentes a serem controlados. O sistema de redução catalítica seletiva (SCR) foi criado a fim de restringir os índices de emissão de NO_x. A tecnologia utiliza solução de ureia diluída em água destilada e livre de contaminantes, chamada no Brasil de Arla 32 – Agente Redutor Líquido Automotivo como reagente para reduzir a quantidade de NO_x à medida que os gases passam pelo catalisador. Esse sistema opera a partir da injeção de uma dada quantidade de Arla 32 na corrente de gases da descarga dos veículos, controlada em 5% em relação à quantidade de óleo diesel queimada. À elevadas temperaturas, a solução de Arla 32 é decomposta em amônia e dióxido de carbono (FARAH, 2012).



Ao passar pelo catalisador, a amônia reage com as moléculas de NO_x e com o oxigênio presentes nos gases de combustão, formando nitrogênio e água, que em sequência são descarregados na atmosfera (FARAH, 2012).

3.1.2. Qualidade de Ignição

O processo de combustão por autoignição do óleo diesel acontece a partir da sequência de etapas que envolvem nebulização, vaporização, mistura com o ar e ignição. Dessa forma, ao ser injetado no motor, o óleo diesel ainda líquido necessita de um tempo denominado retardo de ignição, menor que 1 milissegundo, para que seja aquecido, vaporizado e, assim, possa iniciar as reações de combustão, responsáveis por aumentar temperatura e pressão do sistema. Para que o processo de combustão seja eficiente, é de suma importância que o tempo de retardamento seja o menor possível para garantir a combustão completa. Dessa forma, menor retardo de ignição é proporcionado por uma melhor qualidade de ignição do diesel (FARAH, 2012).

A primeira fase da autoignição é física e constituída pela nebulização, vaporização do óleo diesel e mistura com o ar. Dessa forma, é ideal que o combustível apresente menor

tensão superficial, menor densidade e menor temperatura de ebulição. A segunda fase desse processo é química e é caracterizada pela autoignição do óleo diesel. O início dessa etapa se dá pela formação de radicais livres, seguido pela quebra das ligações nas moléculas do combustível, levando à reação dos átomos de carbono e hidrogênio do combustível com o oxigênio do ar. Moléculas com maior facilidade de craqueamento, ou seja, do tipo parafínicas lineares e com maior comprimento da cadeia são ideais para garantir máximo desempenho da ignição. Portanto, existe uma faixa adequada de tamanhos de moléculas para que a combustão seja otimizada. O combustível ideal garante menor retardo de ignição, que reflete em ambas as fases, física e química. Os produtos destilados entre as faixas de ebulição entre 150°C e 400°C são quimicamente compostos com teores elevados de hidrocarbonetos parafínicos normais, atribuindo, desse forma, melhor qualidade de ignição para o óleo diesel (FARAH, 2012).

O número de cetanos é uma medida indireta de tempo decorrido entre a injeção do combustível no cilindro do motor e o início da combustão, qualificando a ignição do óleo diesel. Combustíveis com maior número de cetano reduzem o desgaste dos pistões, eleva o rendimento, diminui o consumo e o nível de ruídos. Além disso, tempo de retardo de ignição menores permitem combustão completa, diminuindo a emissão de hidrocarbonetos, monóxido de carbono, aldeídos e materiais particulados (FARAH, 2012).

3.1.3. Estabilidade à Oxidação, Teor de Água

A estabilidade termoxidativa do óleo indica a tendência do combustível resistir à degradação na estocagem e durante o funcionamento do motor. Essa propriedade é avaliada por meio de ensaio de estabilidade à oxidação, em que são analisadas formações de gomas, sólidos, particulados e peróxidos orgânicos com consequente mudança da tonalidade do óleo diesel. Compostos nitrogenados básicos, tiofenóis, olefinas e ácidos orgânicos são os maiores precursores do processo degradativo das moléculas de óleo diesel, levando à formação de gomas e sedimentos e à mudança de cor do produto. Essas reações podem ser aceleradas pela catálise por metais, como o

cobre, presentes nos filtros e pelas altas temperaturas nos sistemas de injeção. Maior estabilidade do óleo diesel leva à manutenção da qualidade do produto, sem que ocorra depósito de sedimentos no filtro, nos injetores e nos tanques (FARAH, 2012).

A presença de água e sedimentos no óleo diesel pode levar a outro tipo de instabilidade, ocasionada por organismos microbiológicos. A água permite o desenvolvimento de microorganismos, cujo metabolismo consome hidrocarbonetos e geram produtos ácidos, corrosivos e escuros, que se concentram na interface com a água. A formação desses compostos pode levar ao desgaste das bombas e dos bicos injetores, entupimento do filtro, corrosão e má combustão e aumento da emissão de hidrocarbonetos e monóxido de carbono. Portanto, é fundamental, para a garantia da qualidade do combustível, manter o produto sempre isento de água, estocando-o e drenando-o corretamente, evitando-se lastros de água nos tanques e contaminações em operações de transferência (FARAH, 2012).

3.1.4. Aditivos para Óleo Diesel

Ao óleo diesel são adicionados uma gama de aditivos, cujo objetivo é garantir maior qualidade e desempenho do combustível. Os biocidas são aplicados a fim de reduzir a proliferação de microorganismos produtores de compostos ácidos, responsáveis por obstruir filtros e causar danos aos injetores. Existem duas variações de biocidas, os solúveis em água, que permanecem no sistema até que toda a água tenha sido removida e os solúveis em óleo que permanecem no sistema em todo o trajeto do óleo diesel, protegendo-o até o seu consumo no motor. Compostos antiespumantes também são utilizados para reduzir a tensão superficial das bolhas que entram em contato com o ar, melhorando o escoamento do combustível no processo de enchimento do tanque. Os antiespumantes são compostos por substâncias à base de silicone e, portanto, insolúveis nos óleos, permanecendo dispersos no sistema. Compostos alquilnitridos são adicionados a fim de melhorar o número de cetanos do combustível, altas temperaturas provocam a decomposição das moléculas, gerando radicais livres que potencializam e facilitam a ignição. O óleo diesel exposto ao hidrotratamento pode ter suas propriedades

de lubrificação reduzidas, uma vez que compostos foram removidos no processo de hidrotratamento. Dessa forma, são adicionados compostos polares que elevam a capacidade de lubrificação do combustível (FARAH, 2012).

3.1.5. Conjunto de propriedades para assegurar a qualidade do diesel e para atender ao processo de autoignição nos motores

Para que um combustível seja utilizado em motores do ciclo diesel, o mesmo deve apresentar requisitos de qualidade, como qualidade de ignição adequada para que a combustão inicie no momento correto e com aproveitamento ótimo de energia; facilidade de escoamento em baixas temperatura; facilidade de nebulização para vaporização e mistura com ar adequadas; vaporização apropriada no interior da câmara de combustão a fim de garantir que o combustível seja misturado ao ar, queimando-o completamente e proporcionando melhor desempenho do motor com o mínimo de emissão de poluentes; mínima formação de resíduos e cinzas na combustão, evitando danos às peças do motor e entupimentos; não ser corrosivo a fim de evitar desgastes do motor; não conter águas e sedimentos, impedindo obstruções dos filtros de combustível e o desenvolvimento de microrganismos; segurança no manuseio e estocagem; aspecto límpido e isento de material em suspensão (FARAH, 2012).

3.2. A importância do Óleo Diesel

A substituição do carvão mineral, no Brasil, iniciou-se no início do século XX, com a utilização de óleo combustível, uma das frações derivadas do refino do petróleo. A partir deste momento começa a haver uma demanda por derivados do petróleo que são explicados pelo avanço tecnológico na época e o aparecimento de automóveis. O óleo diesel começa a se tornar importante no país com a operação das três primeiras locomotivas diesel-elétricas na Viação Férrea Leste Brasileiro, na Bahia em 1938. (SZKLO, 2012)

Vale ressaltar que a demanda que tem início nesta época no Brasil é suprida, majoritariamente, por meio de importações. Fato é que a demanda por derivados de petróleo faz com que haja um estímulo a produção do petróleo e derivados, fazendo com que houvesse um interesse em produção e refino para suprir a demanda brasileira. Pode se correlacionar a crescente demanda brasileira por derivados de petróleo na época com a criação da Petróleo Brasileiro S.A – Petrobras em 1953 no governo do Getúlio Vargas onde se iniciava o monopólio estatal da produção, refino e transporte do petróleo e seus derivados, permitindo apenas a presença no mercado das empresas já existentes à essa época.

Tabela 2. Importação de derivados de petróleo, em mil m³ ao ano, período 1929 A 1947

Produto	1929	1947	Crescimento médio anual
Gasolina	410 40,2 %	1324 44,6%	6,7%
Diesel	123 12,1%	323 10,9%	5,5%
Óleo combustível	339 33,2%	1072 36,1%	6,6%
Querosene	148 14,5%	248 8,4%	2,9%

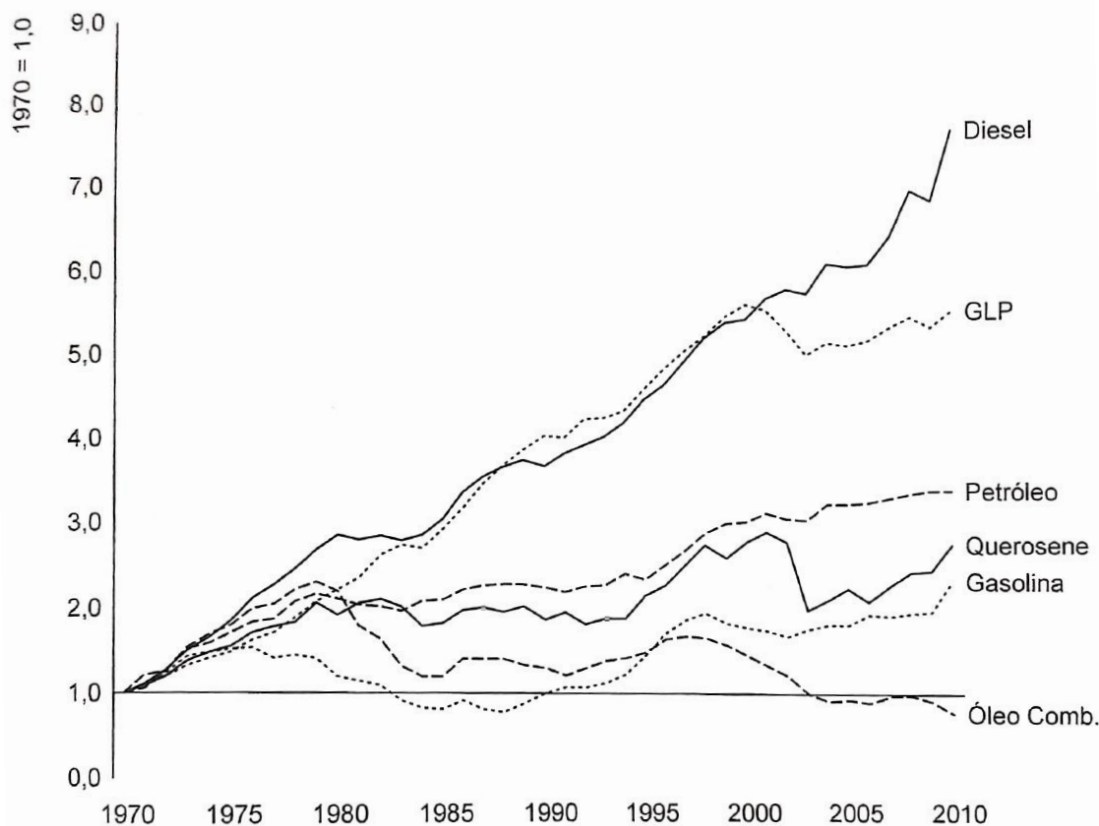
Fonte: Adaptado de IBGE, 1987

Com a instalação e estruturação do refino de petróleo no Brasil, houveram momentos onde a capacidade de refino da Petrobras era maior que o consumo nacional de derivados, realidade que começou a ser desconfigurada com o advento dos dois choques do petróleo em 1973 e 1979 provocando efeitos indesejáveis no mercado, já que o Brasil era um país majoritariamente importador do petróleo quando seu e o preço do petróleo elevou-se cerca de 4 vezes o valor antes do choque de 1973. (SZKLO, 2012)

A relevância do diesel no cenário de consumo e produção deste derivado vem se tornando cada vez maior como é mostrado no Gráfico 1. Em termos comparativos, o

consumo do diesel cresceu aproximadamente 8 vezes se comparado ao mercado brasileiro entre 1970 e 2010, consolidando-o como principal derivado de petróleo do Brasil.

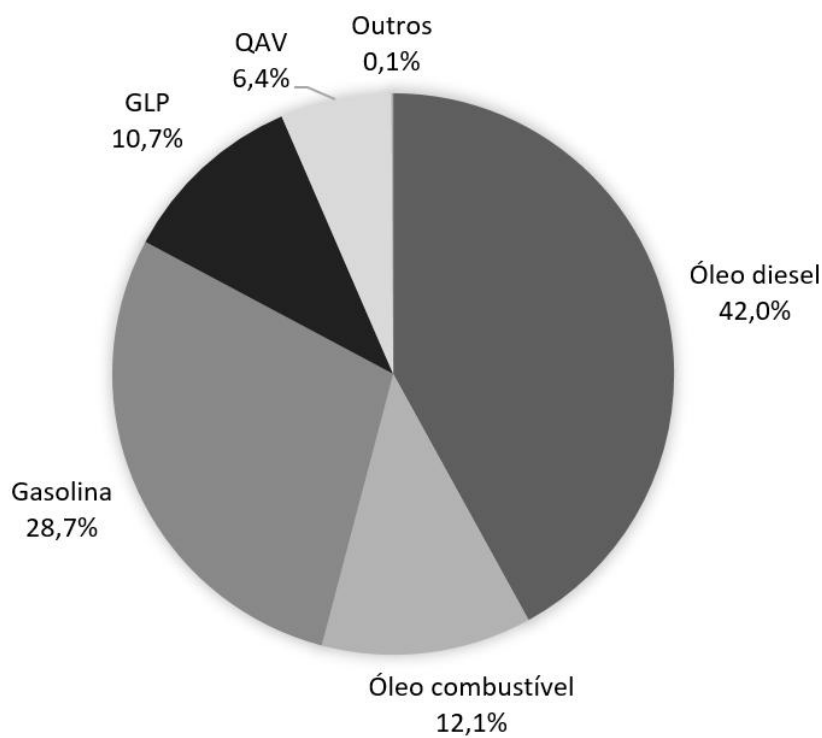
Gráfico 1 – Crescimento relativo ao consumo de derivados de petróleo no Brasil



Fonte: SZKLO, 2012

Consideravelmente, o setor que mais consome diesel no Brasil é o de transportes. Em 2017, o derivado energético mais produzido no Brasil foi o diesel com 42% e logo em seguida vem a gasolina com 28,7% (ANP, 2017), conforme mostra o Gráfico 2. O maior percentual é atribuído ao fato do setor de transportes consumir majoritariamente o diesel quando comparado outros combustíveis como gasolina, etanol e GNV. O diesel também é comercializado nas categorias de diesel rodoviário e diesel marítimo.

Gráfico 2 – Distribuição percentual da produção de derivados energéticos de petróleo em 2017



Fonte: ANP, 2018

Além da grande importância do óleo para os motores diesel, é essencial ressaltar a contribuição da adição do biodiesel no diesel rodoviário comercializado no Brasil. O início da formulação do diesel brasileiro com a adição de biodiesel iniciou-se no ano de 2004, em caráter experimental e a partir de 2008 tornou-se obrigatório a adição de 2% de biodiesel ao diesel de origem fóssil. A relevância desta política implementada em 2008 vem ganhando destaque devido ao crescente aumento da proporção de biodiesel no diesel chegando a 10% em dezembro de 2017 e, em agosto de 2019 foi aprovado pela ANP o aumento de 10% para 11% de adição de biodiesel no diesel (ANP, 2019).

4. O biodiesel

A lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, define o biodiesel como um combustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão que possa substituir parcial ou completamente o óleo diesel de origem

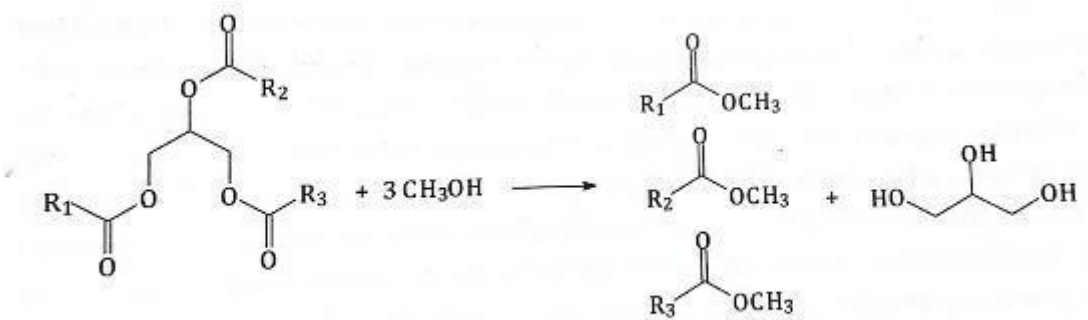
fóssil. O biodiesel é constituído por alquil ésteres de ácidos carboxílicos de cadeia longa obtidos a partir de reações de transesterificação e/ou esterificação de matérias graxas, de gorduras de origem vegetal ou animal, que se enquadre nas especificações contidas no Regulamento Técnico nº 4/2012 (ANP, 2012). A Figura 3 representa a reação de obtenção do biodiesel.

4.1. Transesterificação de óleo e gorduras

Os óleos e gorduras são constituídos por ésteres graxos da glicera, denominados triglicerídeos ou triacilgliceróis (TAG). As cadeias hidrocarbônicas dos óleos e gorduras podem variar tanto em tamanho, ou seja, na quantidade de carbonos quanto em insaturações. Os óleos, majoritariamente, apresentam cadeias mais insaturadas com duas ou mais ligações duplas. No caso de gorduras, as moléculas que as compoem são, em geral, cadeia saturadas, elevando a interação intermolecular e o ponto de fusão dos compostos. Assim, as gorduras são normalmente sólidas ou pastosas a temperatura ambiente, enquanto os óleos são líquidos de alta viscosidade (PERLINGEIRO, 2014).

A transesterificação é o processo reacional entre alcoóis de cadeias curtas, como o metanol e o etanol, e óleos e gordura mediante ação de um catalisador. Neste processo, são formadas três moléculas de estéres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, que são o próprio biodiesel, e uma molécula de glicerol ou glicerina. A transesterificação é um reação reversível. Na produção de biodiesel, utiliza-se excesso molar do álcool que, juntamente com a remoção de glicerina, ocasiona o deslocamento do equilíbrio de reação. O glicerol é uma molécula polar e apresenta grande imiscibilidade com óleo e o biodiesel, desfavorecendo ainda mais a reação reversa (PERLINGEIRO, 2014).

Figura 3. Reação de obtenção do biodiesel



Fonte: DUAILIBE, 2012

Atualmente, a catálise básica é a mais utilizada na produção de biodiesel, cujos catalisadores mais presentes industrialmente são o hidróxido de sódio, o hidróxido de potássio e o metóxido de sódio. As tecnologias mais modernas de transesterificação de óleos e gorduras utilizam o metóxido de sódio como catalisador, uma vez que o mesmo minimiza a formação de reações laterais, como a hidrólise e a saponificação de triglicerídeos que diminuem a qualidade. No entanto, esse tipo de catalisador não pode ser reaproveitado por estarem dissolvidos em meio reacional (PERLINGEIRO, 2014).

4.2. Especificações do biodiesel

O biodiesel deve atender a rigorosas especificações técnicas antes de ser aprovado para comercialização. Atualmente, a ANP é responsável por controlar 25 itens de especificação do produto final, o chamado B100. Dentre estes, podem ser evidenciadas duas propriedades que, geralmente, requerem adição de aditivos para entrar em especificação: a propriedade de fluxo a frio e a resistência à oxidação. Quanto mais saturada for a cadeia do biodiesel, menor será a temperatura de solidificação, dificultando o escoamento. Por outro lado, a insaturação na cadeia favorece a oxidação do biodiesel, levando-o a sua degradação e reduzindo a qualidade do combustível. Os diversos óleos utilizados na produção de biodiesel apresentem diferentes características, o óleo de palma e o sebo bovino são ricos em cadeias saturadas, apresentando limitações de

utilização a frio. Já a soja é rica em ácido linoléico e linolênico, com duas ou mais insaturações, sendo mais propenso a sofrer com o processo de oxidação. Dessa forma são utilizados aditivos a fim de corrigir e melhorar estas propriedades. Copolímeros de éster vinílico são um dos principais aditivos para correção e diminuição do ponto de fluidez, que é a temperatura em que o produto não se move horizontalmente por um período de cinco segundos. O processo de oxidação do biodiesel começa pela presença de radicais livres que podem ser gerados por impurezas ou ação do calor e até mesmo pelo contato com partes metálicas de dutos, tanques e motores. Os radicais livres incorporam átomos de hidrogênio da cadeia de biodiesel, gerando novos radicais que, por sua vez, interagem com as moléculas de oxigênio do ar, produzindo inúmeros produtos de degradação. Os radicais livres atuam principalmente em átomo de hidrogênio adjacentes a duplas ligações, tornando cadeias insaturadas mais propensas ao processo de oxidação. Substâncias antioxidantes são aditivos que retardam a degradação do biodiesel pela reação com radicais precursores de radicais com maior estabilidade. Entre a gama de antioxidantes comerciais, o mais utilizado são os derivados fenólicos como o BHT (butil-hidróxi-tolueno) (PERLINGEIRO, 2014).

4.3. A importância do biodiesel

Os combustíveis líquidos apresentam elevada densidade energética, além de serem facilmente disponibilizados para a utilização em veículos automotores. No entanto, esses combustíveis, de origem fóssil, vêm sendo, gradativa e progressivamente, substituídos por biocombustíveis de fontes limpas e renováveis na tentativa de mitigar efeitos nocivos ao meio ambiente, como a intensificação do aquecimento global e seus efeitos climáticos. A substituição tem por objetivo reduzir emissões de gases poluentes, mitigar riscos de exploração das reservas remanescentes e custos crescentes da dependência do petróleo. Os novos modelos de produção dos biocombustíveis líquidos vêm sendo desenvolvidos baseados no tripé da sustentabilidade: ambiental, social e econômica (DUAILIBE, 2012).

4.3.1. O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, o PNPB

A trajetória do biodiesel teve início em 2 de julho de 2003 pelo Decreto Presidencial responsável pela criação e instituição do Trabalho Interministerial visando analisar a viabilidade do uso de combustíveis a partir de fontes alternativas. As motivações para o desenvolvimento de combustíveis renováveis no mundo em substituição aos fósseis envolvem questões ambientais, como poluição, mudanças climáticas e efeito estufa., abordagens econômicas e estratégicas levando em conta o déficit histórico de produção de diesel, como no Brasil. Além disso, a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira visa o desenvolvimento regional sustentável, com viés social, pela geração de emprego e renda em toda a cadeia produtiva, especialmente na agricultura familiar (DUAILIBE, 2012).

Em 2004, um novo decreto criou a Comissão Executiva Interministerial do Biodiesel, de cunho permanente, cuja ações estavam diretamente ligadas a implantação de ações para estruturação e inserção do biodiesel na matriz energética nacional, marcando o lançamento do Programa Nacional de Produção e uso de Biodiesel, o PNPB. Em janeiro de 2005 foi instituído, pela Lei nº 11.097 responsável por dispor a introdução do biodiesel no mercado brasileiro, o Marco Regulatório que atribuiu a ANP, a competência de regular toda a cadeia de produção e consumo de biodiesel. (DUAILIBE, 2012)

A capacidade produtiva de biodiesel apresentou acelerada expansão, levando à antecipação, de 2013 para 2010, da mistura obrigatória de adição. De 2005 a 2007, o período era autorizativo. A partir de 2008, a mistura de 2% passou a ser obrigatória, sendo que em julho do mesmo ano, houve o aumento para 3%. Em 2009, o teor passou para 4% obrigatórios e, por fim, em 2010 a proporção foi de 5%. O Congresso Nacional aprovou, em agosto de 2014, a MPV nº 647/2014 que aumenta o teor de biodiesel no diesel para 6% e em novembro de 2014 para 7%. Em agosto de 2019, a ANP autorizou o despacho que fixa o percentual de biodiesel igual 15%. O percentual mínimo deve obedecer ao cronograma previsto na Resolução CNPE nº 16, de 2018. A medida

estabeleceu que, a partir de setembro de 2019, o percentual mínimo de biodiesel no óleo diesel de origem fóssil comercializado no país passou de 10% a 11% (ANP, 2019).

4.3.2. Benefícios Ambientais

As moléculas do biodiesel são originadas dos ácidos graxos superiores e exclusivamente de cadeias lineares denominadas alquilésteres e são produtos das reações de transesterificação. Dessa forma, o biodiesel é isento de moléculas cíclicas, frequentemente encontradas em hidrocarbonetos de origem fóssil. As espécies conhecidas como aromáticas apresentam propriedades cancerígenas e estão presentes nas emissões da queima de óleo diesel mineral, já que suas cadeias moleculares são fechadas e, assim, dificultam o processo de queima completa (DUAILIBE, 2012).

A presença de oxigênio nas moléculas de biodiesel aliada à ausência de compostos cíclicos, favorecem o processo de combustão completa, reduzindo os teores de monóxido de carbono, hidrocarbonetos não queimados e material particulado. Além disso, o biodiesel não apresenta compostos sulfurados, evitando emissão de compostos do tipo SO_x, geralmente presentes em emissões do diesel mineral (DUAILIBE, 2012).

O biodiesel está perfeitamente inserido no contexto atual de combate às causas do aquecimento global e das mudanças climáticas, potencializando e diversificando as fontes de energias renováveis na matriz energética nacional. Atualmente, cerca de 45% da energia produzida e 18% dos combustíveis consumidos são provenientes de fontes renováveis. O maior desafio do setor é garantir a elevação contínua dos índices de utilização de energia limpas e sustentáveis concomitantes com o crescimento econômico do setor (DUAILIBE, 2012).

4.3.3. Impactos da primeira fase do PNPB

Os impactos do PNPB ultrapassaram o crescimento da produção, diversas áreas da economia foram impulsionadas, levando ao desenvolvimento de diversas regiões do país. Os parques industriais de biodiesel foram expandidos e, em 2005, contavam com oito unidades produtoras no país. No ano de 2012, esse número era oito vezes maior, totalizando 64 unidades produtoras instaladas. No entanto, devido à grande ociosidade, que atingiu cerca de 60%, foi estagnado o crescimento do número de unidades produtoras. Na Tabela 3 é possível analisar a evolução da capacidade produtiva do biodiesel, do volume produzido e do percentual de capacidade ociosa no período entre 2005 e 2011 (DUAILIBE, 2012).

Tabela 3. Evolução capacidade nominal versus evolução produção.

Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Capacidade Nomial	85.320	638.620	2.475.069	3.315.339	4.391.815	5.837.929	6.770.862
Produção	736,2	68.547,7	402.176,9	1.167.128,1	1.608.053,3	2.397.271,2	2.672.759,9
Ociosidade	99%	89%	84%	65%	63%	59%	61%

Fonte: DUAILIBE, 2012

4.3.4. Agricultura familiar

Um dos pilares do PNPB é a inclusão social produtiva no fornecimento de matérias-primas para a produção de biodiesel. O modelo estrutura parcerias entre a indústria do biodiesel e a agricultura de familiares, grande parte dos quais jamais esteve envolvida com uma cadeia agroindustrial exigente em escala, eficiência produtiva e tecnologia (DUAILIBE, 2012).

O Ministério do Desenvolvimento Agrário, o MDA, coordena ações sistematizadas por intermédio do Selo Combustível Social, instrumento do governo federal criado pelo Decreto nº 5.297 de 2004, que define o biodiesel como combustível social, de cunho inclusivo aos produtores familiares, especificando condições de comercialização e

garantia de renda e prazos compatíveis com a atividade, respeitando pré requisitos estabelecidos pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário. O PRONAF, Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar, apresenta influência expressiva na promoção da inclusão social dos agricultores familiares ao financiar projetos individuais ou coletivos que gerem renda aos produtores familiares e assentados pela reforma agrária com as mais baixas taxas de juros dos financiamentos rurais. Em contrapartida, o produtor assume obrigações, como aquisição mínima de produtores familiares, contratos de compra e venda de matérias-primas. (DUAILIBE, 2012).

O crescimento de famílias inseridas no PNPB entre 2008 e 2011 foi de aproximadamente 6 vezes apresentou grande relevância. Em 2005, eram 16.328 famílias e em 2011 o número atingiu 104.295, com reduções entre 2007 e 2008 em decorrência da crise enfrentada por algumas empresas diante dos baixos preços de comercialização nos leilões para entregas no primeiro semestre de 2008. Em seguida, o crescimento e expansão foram retomados. As aquisições de matéria prima oriundas da agricultura familiar, utilizada diretamente na produção de biodiesel, saltaram de R\$ 276,5 milhões em 2008, para R\$ 1,5 bilhão em 2011. Em 2011, o valor representou 24% do total de matérias primas adquiridas pela indústria do biodiesel. Ressalta-se que 34% do total de matéria prima utilizada na produção de biodiesel, em 2011, foi de origem familiar (DUAILIBE, 2012)

O MDA empregava ações estruturantes, especialmente nas regiões Norte, Nordeste estimulando verdadeira revolução no campo com expressivo envolvimento da Empraba e da Petrobras Bisco combustível, e também nas demais regiões junto às empresas produtoras através de exigências da obtenção do Selo Combustível Social (DUAILIBE, 2012).

O incentivo do programa abrange a organização produtiva, a pesquisa e difusão de tecnologias para oleaginosas de acordo com o potencial de cada região, além da qualificação de agenda de assistência e capacitação técnica que completam a gama de ações de inclusão e promoção da agricultura familiar (DUAILIBE, 2012).

5. Mercado do diesel no Brasil

5.1. O refino de derivados no Brasil

O refino do petróleo no Brasil iniciou-se na década de 1930 com a instalação das primeiras refinarias no país, diminuindo a dependência de importações de derivados (DUAILIBE, 2012). A primeira, no ano de 1933, foi a Destilaria Sul Riograndense, no estado Rio Grande do Sul. Em 1936, o Grupo Matarazzo construiu a Refinaria Matarazzo em São Caetano do Sul, em São Paulo. Concomitantemente, foram construídas duas unidades na Bahia, uma em Aratu e outra em Candeias (BNDES, 2018).

A Lei nº 2.004, de 3 de outubro de 1953, criou o chamado monopólio do petróleo no Brasil e criou a Petróleo Brasileiro S.A, conhecida como Petrobras. A lei, em seu artigo 43, deixou excluídas, do monopólio que passou a vigorar, as refinarias já existentes. A possibilidade expansão da capacidade de produção das indústrias de refino em operação foi vedada no artigo 45 da mesma lei (BNDES, 2018).

A força motriz principal, responsável por impulsionar e alavancar a indústria de refino no Brasil, foi a Petrobras. O desenvolvimento do setor de refino se deu a partir de grandes investimentos até a década de 1980 e outros nos anos 2000, abordando modernizações e expansões nos parques já existentes (BNDES, 2018). As instalações de novas refinarias concentraram-se no eixo sul-sudeste, onde se desenvolveu a maior parte da demanda. A lógica de garantir o refino próximo ao mercado consumidor é um dos pilares principais para a estruturação desse setor industrial, uma vez que os custos logísticos associados ao transporte de derivados supera em muitos os custos de movimentação do petróleo cru. O entendimento do mercado brasileiro e a busca por atender às suas demandas foram os racionais principais a ditarem os rumos da evolução da indústria de refino no Brasil (DUAILIBE, 2012).

A primeira etapa do desenvolvimento da indústria de refino no país teve lugar entres os anos de 1950 e 1960 em que foram instaladas cinco refinarias. A primeira delas foi construída em São Francisco do Conde, na Bahia e iniciou as operações no ano de 1950. Em virtude da lei nº 2.004, proferida em 1953, a refinaria foi incorporada ao patrimônio da Petrobras, passando a ser chamada de Refinaria Landulfo Alves, a RLAM (BNDES, 2018).

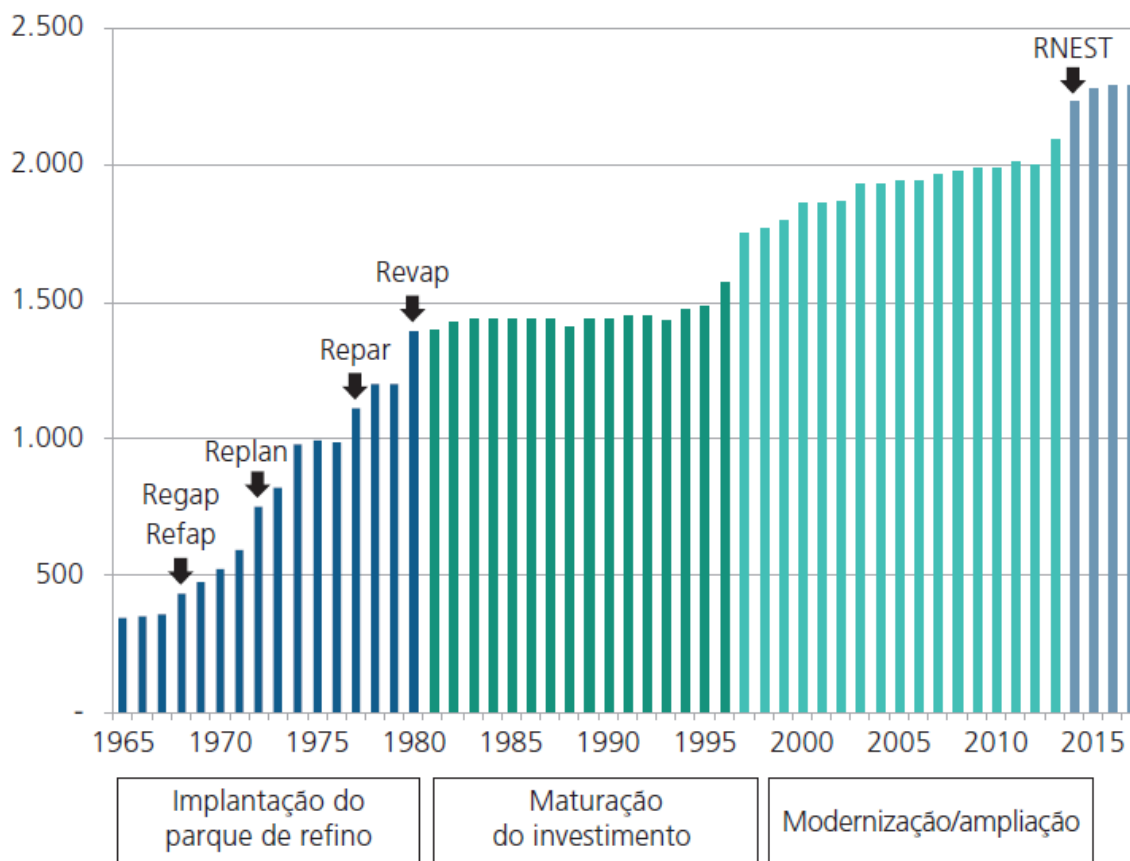
Entre 1961 e 1980 ocorreu a segunda fase de estruturação da indústria de refino em que foram construídas seis novas refinarias. A Refinaria de Duque de Caxias, conhecida como REDUC, foi a primeira delas, marcando o grande crescimento e ampliação da capacidade de refino nacional, cujo objetivo principal era atingir a autossuficiência na produção de derivados. O período citado foi marcado por instabilidade econômica mundial ocasionada pelas crises do petróleo (BNDES, 2018).

Em 1973, devido a conflitos geopolíticos, a OPAEP, a Organização dos Países Árabes Exportadores de Petróleo, responsáveis por 29% da produção mundial, anunciaram corte de 5% na produção petrolífera no mês de setembro, mantendo o patamar de corte nos meses subsequentes (NUNES, 2016). A terceira fase se deu entre 1981 e 1990, marcada pela implementação do Programa Nacional do Álcool, o Proálcool, que colaborou para um cenário de excesso de gasolina no mercado brasileiro. Aliado ao longo período econômico, esse fato derrubou o consumo de derivados de petróleo no país. Dessa forma, a capacidade instalada superou às necessidades do mercado. Dessa forma, existiam excedentes de todos os derivados, inclusive diesel (BNDES, 2018).

O Proálcool apresentou desaceleração e houve a retomada do crescimento da demanda de derivados de petróleo, tornando-a superior ao volume de cargas processadas pelas refinarias nacionais, elevando a necessidade de importação de derivados de petróleo. A partir dos anos 2000, ocorreu a alta utilização da capacidade de refino do país, levando à ampliação e modernização das refinarias instaladas a fim de atender às demandas de elevação da qualidade dos combustíveis e redução do teor de poluentes (BNDES, 2018).

No ano 2014, após 34 anos sem a inauguração e instalação de uma nova refinaria, a Refinaria Abreu e Lima, a RNEST, passou a operar, marcando o início da quinta fase de expansão do setor de refino de petróleo nacional (BNDES, 2018). Depois de 2014, em decorrência da queda do preço do petróleo e incertezas acerca do orçamento disponível, investimentos variados foram suspensos e cancelados, como a segunda fase da RNEST, o projeto do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro, o COMPERJ, com interrupção da construção em estágio já avançado e as refinarias premium I e II no Maranhã e Ceará, ainda nas fases preliminares de construção, respectivamente. Todos os grandes investimentos em refinarias e cadeia logística foram realizados pela Petrobras. O Gráfico 3 apresenta a evolução da capacidade de refino nacional a partir de 1965.

Gráfico 3. Capacidade de refino no Brasil em barril/dia de 1965 a 2015.



Fonte: BNDES, 2018

5.2. O mercado de refino no Brasil

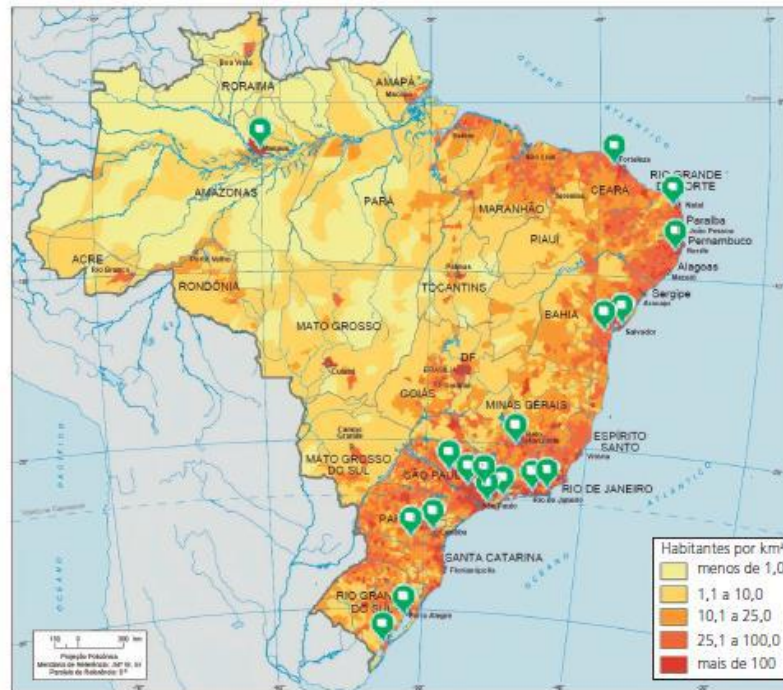
A produção de petróleo capaz de atender às demandas do país e um parque de refino que atenda a demanda interna de derivados de petróleo são fatores que viabilizam a segurança energética do país ao garantir abastecimento contínuo de derivados de petróleo (BNDES, 2018).

O refino do petróleo passou a ser uma atividade estratégica para muitas empresas exploradoras de petróleo que, ao longo do tempo, trilharam o caminho da sua integração visando o equilíbrio do portfólio de ativos que as mantêm. Dessa forma, essas empresas são capazes de atingir a estabilidade de suas receitas, atenuando os efeitos das variações do preço do petróleo, cujo comportamento apresenta acentuada volatilidade (BNDES, 2018).

Segundo relatório anual da British Petroleum de 2018, o Brasil foi o sétimo maior mercado de derivados do mundo em 2017, possuindo 18 refinarias com capacidade instalada de processamento de quase 2,3 milhões de barris por dia. Do montante total, 14 refinarias são de grande porte e pertencem a Petrobras. As demais apresentam pequeno porte e compreendem cerca de 2% da capacidade instalada total (BNDES, 2018).

No Sudeste estão instaladas 56% da capacidade de refino, no Nordeste 23% e no Sul 19%. A Petrobras atua com cerca de 98% da capacidade instalada. A Figura 4 representa a distribuição de refinarias pelo país, podendo-se destacar a concentração de refinarias nas regiões de maior densidade populacional e, naturalmente, de maior consumo de derivados (BNDES, 2018).

Figura 4. Localização dos parque de refino



Fonte: BNDES, 2018

As refinarias da Petrobras foram construídas com grande escala de produção, visando a minimização dos custos de abastecimento e também ao suprimento de regiões específicas do território nacional, complementando-se entre si na produção de derivados necessários ao atendimento de cada região. Dessa forma, algumas refinarias ou um conjunto delas atuam complementarmente e configuram uma situação de monopólios regionais para o fornecimento de seus produtos aos mercados com maior demanda (BNDES, 2018).

O crescimento da capacidade de refino alinhado com o mercado de derivados não abrange os maiores desafios do setor de refino. Igualmente importante é a adequação da produção ao perfil demandado pelo mercado, seja pelo tipo de produto requerido ou pela qualidade exigida. Ao longo do desenvolvimento do parque de refino, é perceptível as mudanças no setor visando a adequação da produção com o exigido pelo mercado brasileiro. No início da década de 1970, a gasolina era o derivado mais consumido, transferindo o foco majoritário do refino para sua produção. Por consequência, as

unidades instaladas apresentavam processos produtivos baseados no craqueamento catalítico², tecnologia voltada para a produção em massa de gasolina. Todavia, baseado um modelo de transporte rodoviário, a demanda brasileira por derivados migrou para o diesel. Ao mesmo tempo, o consumo de óleo combustível, que representava cerca de 30% da demanda em 1970, apresentou uma queda expressiva de consumo desde então, passando a compreender cerca de 2,5% do total da demanda por combustíveis em 2017. O parque de refino nacional sofreu adaptações tecnológicas graduais a fim de potencializar e elevar a produção de diesel, demarcando um período de implementação de unidades de coqueamento retardado³ nas refinarias já existentes, garantindo não apenas o fomento da produção de óleo diesel, mas viabilizando o processamento crescente de óleos nacionais pesados. Adicionalmente à mudança do perfil produtivo, houve a ascendência da discussão dos quesitos de qualidade dos derivados. A evolução tecnológica dos veículos movidos a diesel e gasolina elevou o rendimento e reduziu as emissões de poluentes na atmosfera, exigindo tanto do Brasil quanto da Petrobras maior conformidade às especificações internacionais vigentes e, consequentemente, a inserção de novos investimentos para a instalação de unidades de tratamento de derivados (DUAILIBRE, 2012).

5.3. Especificação do óleo diesel

A primeira especificação de diesel regulamentada no Brasil foi em 1955 por meio da Resolução CNP nº 5, publicada em 1412/1955. Apesar de apresentar aumento de consumo, o óleo diesel não apresentava a mesma importância dos dias atuais, o que se traduzia em especificações técnicas mais conservadoras, nas quais se destaca o índice de cetanos⁴ de 48 e um teor de enxofre de 10.000 ppm, valores relativos a teores de enxofre encontrados usualmente em correntes de petróleo, indicando certas restrições a alguns tipos de óleo cru com altos teores de enxofre e à incorporação de frações mais

² Processo químico que transforma frações mais pesadas do petróleo em mais leves por meio da quebra de moléculas utilizando-se catalisadores. Os produtos obtidos são predominantemente GLP e gasolina.

³ Processo térmico, submetido a condições severas, a fim de realizar o craqueamento do resíduo de vácuo proveniente da destilação atmosféricas gerando produtos como diesel e gasóleos.

⁴ Medida de qualidade de combustão dos combustíveis diesel.

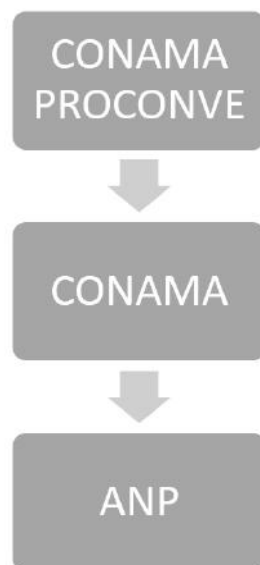
pesadas na composição do diesel comercial. Dessa forma, conclui-se que o diesel comercializado nesse período apresentava densidade máxima menor e ponto final de destilação de 371°C (SZKLO, 2012).

Por volta dos anos de 1960, o consumo crescente de derivados de petróleo e do óleo diesel levou à flexibilização da especificação do produto, de modo a permitir a incorporação de frações mais pesadas ao diesel comercializado. A Resolução da CNP nº 3 de 1963 permitiu o aumento do ponto final da destilação para 388°C e do teor de água aceitável para 0,10% volume. A partir de 1970, em decorrência da crise do choque do petróleo, e do consequente aumento exorbitante dos preços do óleo importado, as especificações do óleo diesel foram diretamente influenciadas, uma vez que quanto menos óleo importado fosse necessário para suprir a demanda interna, melhor seria para a balança comercial nacional. Assim, a resolução da CNP nº 6, publicada em 1973, passou a permitir a incorporação de maiores proporções de frações leves na mistura final do diesel e também o processamento de petróleo de outras origens com maior presença de enxofre. O aumento do consumo interno de óleo diesel levou a uma nova revisão das especificações e, em 1980, a Resolução CNP nº 7 permitiu a introdução de frações mais pesadas, aceitou aumento do resíduo de carbono e liberou a introdução de frações mais leves. Apesar de manter os teores de enxofre, água e sedimentos, esta resolução vigorou até 1993 (SZKLO, 2012).

A criação do CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente, em 1981, possibilitou o começo de um ciclo de melhorias no setor ambiental com a criação do PROCONVE⁵ para controle da poluição veicular no país, exigindo melhoria na qualidade dos combustíveis produzidos no país a fim de atender os novos padrões de emissões. A introdução de uma nova especificação no Brasil segue, atualmente, a Figura 5. Dentro das atribuições do PROCONVE, o CONAMA é responsável por definir os limites máximos de emissão de poluentes para veículos novos (SZKLO, 2012).

⁵ Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores em 1986.

Figura 5. Fluxo de alterações nas especificações do diesel no Brasil



Fonte: ANP, 2019

A criação do PROCONVE marcou a introdução dos primeiros limites de emissão de poluentes para veículos pesados brasileiros, determinando a fase P-1. Concomitantemente, a Resolução do CONAMA nº 18, relativa ao mesmo ano, solicitava ao CNP o estabelecimento de programas para reduzir o teor de enxofre no óleo diesel de 1,3% para 0,7%, sem que houvesse um prazo definido de implementação. No ano de 1993, com a vigência da Resolução CONAMA nº 8, foram definidas as fases P-2 e P-3 e a implementação da fase P-4 em 2000, englobando exigência de 80% dos veículos pesados fabricados no país apresentassem redução da emissão de poluentes. Além disso, a mesma resolução recomendava, pela primeira vez, ao órgão regulador uma especificação de diesel comercial com três categorias, todas com teores distintos de enxofre: 10.000, 5.000 e 3.000 ppm, além de introduzir o número de cetano como parâmetro de controle (SZKLO, 2012).

Em 1996, foi publicada a Portaria DNC nº 9 cuja finalidade era estabelecer três categorias para o óleo diesel automotivo comercializado nacionalmente, levando em conta o teor de enxofre; A – 10.000 ppm, B – 5.000 ppm e C – 3.000 ppm. Houve um incremento relevante no número de cetano mínimo no diesel C e um cronograma de evolução dessas

especificações, tomando como base racional cada região metropolitana do país. A Portaria DNC nº 32 entrou em vigor em 1997, introduzindo o óleo diesel D com 2.000 ppm de enxofre em algumas capitais. De acordo com o cronograma de implementação revisado, as regiões metropolitanas brasileiras passaram, em 2000, a serem atendidas com diesel B, 2.000 ppm, e as demais regiões com diesel B, 5.000 ppm. Um cronograma, com projeções para alteração do teor de enxofre com 1.000 ppm e de extinção do diesel com 5.000 ppm, havia sido lançado em 1997, pela Resolução CONAMA nº 226 com previsão de implementação para 2002 (SKZLO, 2012).

Em um contexto em que a demanda por óleo diesel apresenta aumento crescente, as especificações introduzidas ao longo da década de 1990 voltaram-se basicamente para a redução do teor de enxofre, demandando expansão de unidades de hidrotratamento (HDT)⁶ nas refinarias em operação, minimizando os impactos no volume produzido (SKZLO, 2012).

A partir de 2001, a Portaria ANP nº 310 passou a incrementar outros parâmetros na qualidade do diesel, retomando a introdução do ponto de fulgor número de cetano mínimo de 42 e ajustes nos limites de destilação e densidade máxima. Junto a essa portaria, surgiu a regulamentação de adição de biodiesel ao diesel S500 com especificação geográfica detalhada de quais municípios deveriam receber cada um dos três tipos de diesel (SKZLO, 2012).

A Resolução ANP nº 15 introduziu, em 2016, novas especificações para o óleo diesel comercializado no Brasil; Metropolitano e Interior, com 500 ppm e 2.000 ppm de enxofre, respectivamente. Para o hidrotratamento (HDT) nas refinarias foram definidos parâmetros de controle de lubricidade⁷ para o S500, característica que se deteriora ao expor o derivado ao processo de tratamento. Dessa forma, o refino brasileiro passou a apresentar demanda para a expansão da capacidade das unidades de hidrotratamento, relacionadas

⁶ Processo de refino que consiste na inserção de gás hidrogênio nas correntes derivadas dos cortes da destilação do petróleo, cujo objetivo principal é a remoção e substituição de heteroátomos presentes e responsáveis por potencializar emissões de composto ambientalmente nocivos, como enxofre e nitrogênio.

⁷ Medida do poder de lubrificação de uma substância.

diretamente com a redução do teor de enxofre máximo de todo o óleo diesel produzido, mesmo com diferentes especificações em vigor (SZKLO, 2012).

A fim de cumprir as exigências dos limites de emissões veiculares, preconizadas pela Resolução CONAMA n° 315/2002, o óleo diesel fornecido para os novos veículos pesados fabricados ou importados a partir de janeiro de 2009 deveria ter no máximo 50 ppm de enxofre, conhecido como diesel S50 e estabelecido pela Resolução ANP n° 32. Todavia, não só as montadoras, como também a Petrobras alegaram impossibilidade de atender as exigências da resolução no prazo exigidos. Em 2008, a partes envolvidas assinaram um acordo com o Ministério Público Federal com medidas de compensação pelo não cumprimento da resolução que previa projeções e prazos para redução da emissão de gases poluentes. No setor rodoviário, ao longo do ano de 2009, a Petrobras introduziu o diesel S50 nas cidades de Belém, Fortaleza e Recife para toda a frota e São Paulo, Rio de Janeiro e Curitiba para as frotas cativas de ônibus urbano. A introdução nas frotas das cidades de Porto Alegre, Belo Horizonte, Salvador e na região metropolitana de São Paulo ocorreu em 2010; na Baixada Santista, Campinas e São José dos Campos em 2011. Além disso, em 2009, todo o óleo diesel com 2.000 ppm de enxofre foi substituído gradativamente por um derivado com 1.800 ppm, que em 2014, foi substituído pelo diesel S500. Além disso, o óleo diesel S10 passou a ser ofertado para veículos novos fabricados de acordo com os limites estabelecido pelo PROCONVE a partir de 2013 (SKZLO, 2012).

Regulamentada pela Resolução ANP n° 31 publicada em outubro de 2009, a especificação do óleo diesel S10 entrou em vigor em janeiro de 2013 visando atender veículos novos em circulação que cumpram requisitos exigidos e implementados pela PROCONVE desde 2012, marcando fase P-7⁸. A resolução estabeleceu também que a distribuição de óleo diesel deveria seguir o Plano de Abastecimento⁹ instituído pela ANP.

⁸ Nova fase do PROCONVE que passou a exigir novos limites de emissão de gases poluentes, além de modificações nos motores, novos sistemas de pós-tratamento dos gases de escapamento e diesel com reduzido teor de enxofre.

⁹ Plano aprovado pela diretoria da ANP a fim de garantir a disponibilidade de óleo diesel de baixo teor de enxofre tanto na etapa de distribuição quanto de revenda varejista de combustível.

As novas especificações do diesel S10 são apresentadas na Tabela 5. As mudanças técnicas indicam grande controle da curva de destilação¹⁰ com objetivo de limitar a incorporação de frações mais pesadas ao óleo diesel. Em termos de enxofre, a evolução do teor permitido chega ao seu valor mínimo encontrado pelas especificações de diesel espalhadas pelo mundo (SZKLO, 2012).

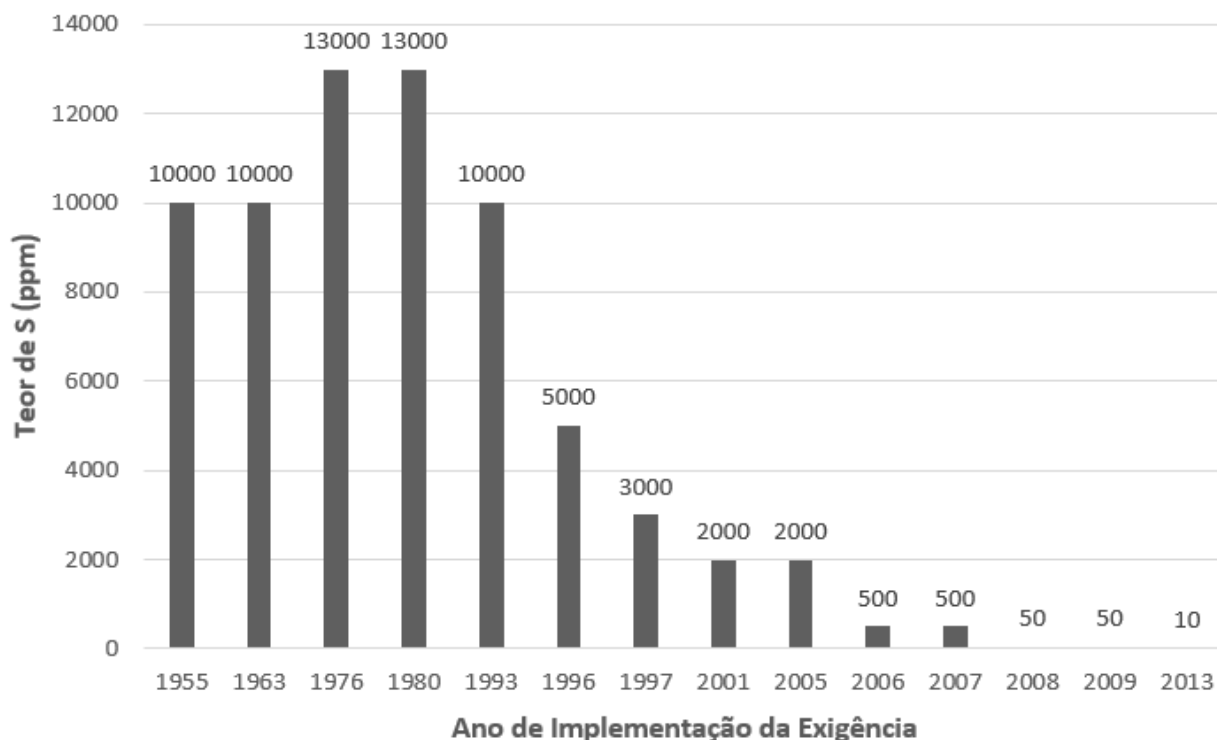
¹⁰ Determinada a partir de ensaios que verificam o volume de combustível destilada a partir de temperatura e pressão constantes e é essencial para o controle da qualidade da mistura que constitui o combustível, garantindo desempenho eficiente.

Tabela 4. Especificações do óleo diesel S10

Óleo Diesel S10			
Resolução ANP nº 31, 14/10/2009			
Aspecto		Límpido e isento de impureza	-
Cor		Usualmente incolor a amarelada, podendo apresentar-se ligeiramente alterada para as tonalidades marrom e alaranjada devido à coloração do biodiesel	-
Cor ASTM, máx		3,0	-
Teor de biodiesel		Percentual estabelecido pela legislação vigente	% volume
Enxofre total, máx		10	mg/kg (ppm)
Destilação	T10%, mín	180	°C
	T50%	245,0 a 295,0	°C
	T95%, máx	370	°C
Densidade 20°C/4°C		0,820 a 0,850	-
Ponto de fulgor, mín		38	°C
Viscosidade a 40°C		2,0 a 4,5	mm²/s
Ponto de entupimento de filtro a frio, máx		0-12	°C
Número de cetano, mín		48	-
Resíduo de carbono, dos 10% finais, máx		0,25	% massa
Cinzas, máx		0,01	% massa
Corrosividade ao cobre, 3h a 50°C, máx		1	-
Água, máx		200	mg/kg
Contaminação total, máx		24	mg/kg
Água e sedimentos		0,05	% volume
Hidrocabronetos policíclicos aromáticos, máx		11	% massa
Estabilidade à oxidação, máx		2,5	mg/100mL
Índice de neutralização, máx		-	mg KOH/g
Lubricidade, máx		460	µm
Condutividade elétrica, máx		25	pS/m

Fonte: SZKLO, 2012

Gráfico 4. Evolução do teor de enxofre no óleo diesel



Fonte: Elaboração própria, Cetesb.sp.gov 2019

Desde 1955, época em que foi instituída regulamentação da comercialização de diesel no Brasil, até os dias de hoje, a exigência por um combustível mais limpo e com menor teor de enxofre foi aumentando. Assim, as exigências tecnológicas aumentaram cada vez mais para que as refinarias apresentassem condições técnicas suficientes para produção do diesel especificado. O fato de o petróleo brasileiro, na sua grande parte, ser do tipo *sour* que significa teores de enxofre acima de 0,5%, enquanto outras reservas apresentam petróleo do tipo *sweet* que contém teores abaixo de 0,5% de sua massa, incrementa a necessidade de instalação de unidades específicas para a produção de diesel. Além disso, o grau API¹¹ do petróleo brasileiro é menor tornando-o mais denso e dificultando ainda mais o seu processamento para a produção do combustível nos padrões e exigências atuais da ANP.

¹¹ Classificação baseada na propriedade física de densidade do petróleo, criada pela American Petroleum Institute (API).

As principais unidades de processo de uma refinaria são identificadas na Tabela 6 e dentre elas, as unidades de desasfaltação, reforma catalítica, alquilação e lubrificantes que influenciam diretamente na produção de óleo diesel. O pool de diesel pode ser composto por correntes de destilação direta, atmosférica ou vácuo, craqueamento catalítico, coqueamento retardado, coqueamento térmico brando e hidrocrakeamento. A de incorporação ao pool final de diesel pode envolver a passagem das correntes oriundas de destilação pelo hidrotratamento de acordo com a especificação técnica desejada, ao passo que as demais correntes devem sempre passar pelas unidades de hidrotratamento de instáveis (BONFÁ, 2011).

Tabela 5. Principais unidades de processo

Unidades de Processo
Destilação Atmosférica (DA)
Destilação a Vácuo (DV)
Desasfaltação a Propano (DSF)
Craqueamento Catalítico em Leito Fluidizado (FCC)
Craqueamento Catalítico de Resíduos em Leito Fluidizado (RFCC)
Coqueamento Retardado (UCR)
Hidrocrakeamento (HCC)
Reforma Catalítica (RC)
Alquilação (ALQ)
Hidrotratamento (HDT)
Produção de Lubrificantes (LUB)

Fonte: BONFÁ, 2011

A determinação do perfil do parque de refino brasileiro em operação está diretamente ligada à identificação das unidades atualmente em operação, à incorporação da carteira de projetos previstas para as refinarias já existentes e das novas refinarias, possibilitando a avaliação da produção presente e futura de óleo diesel em função da introdução de novas especificações para o diesel S10 a partir de 2013. A Tabela 6 lista as unidades de processos em operação nas refinarias brasileiras.

Tabela 6. Capacidades nominais máximas nas refinarias brasileiras

2010	DA	DV	DSF	FCC	RFCC	ALQ	RC	CTB	HCC	UCR	HDT IN	HDT G	HDT Q	HDT D	HDT I	LUB
REPLAN	60.000	31.000	-	16.000	-					12.000					11.700	
RLAM	44.000	20.042	600	5.000	10.000											830
REVAP	40.000	20.000	6.800	14.000	-								6.000	6.500		
REDUC	38.000	18.200	3.600	7.500	-		1.800			5.000	2.000		1.833	3.000	4.500	5.590
REPAR	32.000	15.000	5.100	10.000	-									5.000		
REFAP	30.000	6.000	-	3.100	7.000					2.400					4.500	
RPBC	27.000	12.900	-	10.000	-	1.000	1.750			5.200					6.000	
REGAP	24.000	14.000	-	6.800	-					3.800			1.800	4.400	3.800	
RECAP	8.200	-	-	-	3.600											
REMAN	7.300	1.055	-	600	-											
Guamaré	4.300	-	-	-	-											
Riograndense	2.700	795	-	540	-											
LUBNOR	1.300	-	-	-	-											
TOTAL	318.800	138.992	16.100	73.540	20.600											

Tabela 7. Capacidades nominais das refinarias brasileiras projetadas para 2020

2020	DA	DV	DSF	FCC	RFCC	ALQ	RC	CTB	HCC	UCR	HDTIN	HDTG	HDTQ	HDTD	HDT I	LUB
REPLAN	66.000	31.000	-	16.000	-		4.000			18.000		8.000			21.700	
RLAM	44.000	20.042	600	5.000	10.000							8.000			8.500	830
REVAP	40.000	20.000	6.800	14.000	-		1.500			5.000		7.000	6.000	6.500	6.000	
REDUC	38.000	18.200	3.600	7.500	-		1.800			5.000	2.000	5.000	1.833	3.000	12.000	5.590
REPAR	35.000	18.800	5.100	10.000	-		1.000			5.000		5.000		5.000	6.000	
REFAP	30.000	6.000	-	3.100	7.000					2.400		5.000			10.500	
RPBC	27.000	12.900	-	10.000	-	1.000	2.300			5.200		5.000			16.000	
REGAP	24.000	14.000	-	6.800	-					3.800		4.000	3.600	2.600	8.800	
RECAP	8.500	-	-	-	3.600							2.000			4.000	
REMAN	7.300	1.055	-	600	-		800	1.500				1.500			2.500	
Guamaré	4.300	-	-	-	-											
Riograndense	2.700	795	-	540	-											
LUBNOR	1.300	-	-	-	-											
TOTAL	318.800	138.992	16.100	73.540	20.600											

Fonte: BONFÁ, 2011

As Tabelas 6 e 7 fazem uma avaliação geral do panorama do refino nacional nos anos de 2010 e 2020, torna-se evidente o aumento relevante na capacidade de

hidrotratamento, coqueamento e reforma, potencializando a capacidade de destilação e estagnação da capacidade de coqueamento catalítico e desasfaltação e produção de lubrificantes.

Com relação à destilação, a RECAP apresentou pequeno aumento em sua capacidade e o crescimento na REPAR e REPLAN foi de 10%. Para o caso da REPAR, foi divulgado um aumento discreto na unidade de destilação a vácuo associada à atmosférica. As refinarias REPLAN, REVAP, REPAR e REMAN apresenta um grande aumento de capacidade de produção de gasolina. Há também a implatação de 50.500 m³/dia em unidades de hidrotratamento de nafta voltada para produção de diesel em todas as refinarias, demarcando uma preparação do parque de refino para a nova especificação técnica brasileira deste combustível, cuja redução do teor de enxofre de 1.000 para 50 ppm passou a ser implementada a partir de janeiro de 2014. Não houve aumento nem alteração da produção de óleo diesel nessas unidades.

Em função da necessidade crescente de processamento de petróleos nacionais mais pesados, o refino brasileiro teve de investir em unidades de conversão de correntes residuais e pesadas, potencializando a capacidade de processos como craqueamento térmico brando¹² e coqueamento retardado¹³. As correntes residuais, antes destinadas a produção de óleo combustível, passaram a ser convertidas em correntes mais nobres, como o diesel ou o GLP. A adequação do perfil do parque de refino nacional envolve a implantação de novas unidades de coqueamento na REPLAN, REVAP e REPAR, acrescentando 16.000 m³/dia à capacidade atual. A REMAN também receberá uma unidade de CTB a partir das correntes residuais do petróleo leve processado (BONFÁ, 2011).

Novas unidades de hidrotatamento associadas às unidades de coqueamento retardado serão instaladas em todas as refinarias que já possuem o processo de coqueamento,

¹² Processo de quebra de moléculas complexas por aquecimento a temperaturas superiores a 450°C e na ausência de ar ou oxigênio.

¹³ Processo de quebra de moléculas complexas, mediante condições severas de operação, como resíduo de vácuos de vácuo, gerando produtos de alto valor agregado, entre eles nafta e diesel.

com exceção da REFAP. As unidades em questão não influenciam diretamente na produção de óleo diesel, portanto não têm efeito na quantificação da perda de rendimento com as especificações do diesel S10 (BONFÁ, 2011).

O hidrotratamento de diesel, associado diretamente com a remoção de enxofre do óleo diesel, apresentou aumento de sua capacidade produtiva, observando-se um acréscimo de 63.200 m³/dia a partir da implantação de 11 novas unidades. Desta forma, a capacidade total de hidrotratamento do óleo diesel apresentará um aumento de, aproximadamente, 130%. A carteira de projetos em hidrorrefinos está claramente relacionada às especificações restritivas para o óleo diesel automotivo. Além disso, o crescimento acelerado do consumo interno de diesel ao longo dos anos demandou também o aumento da capacidade de processamento dos derivados nas refinarias. Diante dos pequenos investimentos na ampliação da capacidade de destilação nos anos recentes, adotou-se a incorporação de mais correntes instáveis ao pool do diesel, como as correntes de coque e de FCC. Dessa forma, as novas unidades de hidrotratamento devem possuir severidade suficiente para processar cargas cada vez mais pesadas e garantir a obtenção de produtos cada vez mais nobres, como elevado número de cetano, baixa densidade, e teores de enxofre cada vez menores. Isto justifica a implantação de unidades de hidrotratamento de instáveis (HDT I) e não mais unidades voltadas apenas para diesel de destilação (BONFÁ, 2011).

A REVAP passou a operar a partir do ano de 1980, marcando expansões e adequações do parque de refino para atender o perfil da demanda do país e as novas especificações de combustíveis. Na década de 2000, o crescimento sustentado da economia levou ao aumento do consumo de derivados de petróleo, exigindo a expansão da capacidade produtiva através da construção de novas refinarias. A RNEST, batizada de Refinaria Abreu e Lima, construída em Ipojuca-PE apresenta capacidade nominal de 230.00 b/dia, divididos em duas vertentes de produção, onde cada uma processa um tipo de petróleo pesado, A – brasileiro e B – venezuelano. Levando em conta o processamento de óleos mais pesados e a maximização da produção de diesel, o esquema de refino apresentou grande particularidade quando comparado às demais unidades em operação no país; o resíduo atmosférico é encaminhado diretamente para as unidades de coqueamento

retardado, marcando a ausência de unidades de destilação à vácuo e potencializando a produção de diesel. Assim, eliminou-se a possibilidade de implantação de uma unidade de FCC, cuja carga típica é o gasóleo de vácuo. O objetivo principal da RNEST é a produção de derivados de elevada qualidade, assim a unidade apresenta duas unidades de HDTs de instáveis de grande severidade e capacidade, com capacidade de 13.000 m³/dia cada uma. Além dessas, duas unidades de HDTs de nafta estão presentes, provendo carga para a geração de hidrogênio, nafta petroquímica e nafta pesada, corrente incorporada ao pool de diesel (BONFÁ, 2011).

5.3. Perda de Rendimento

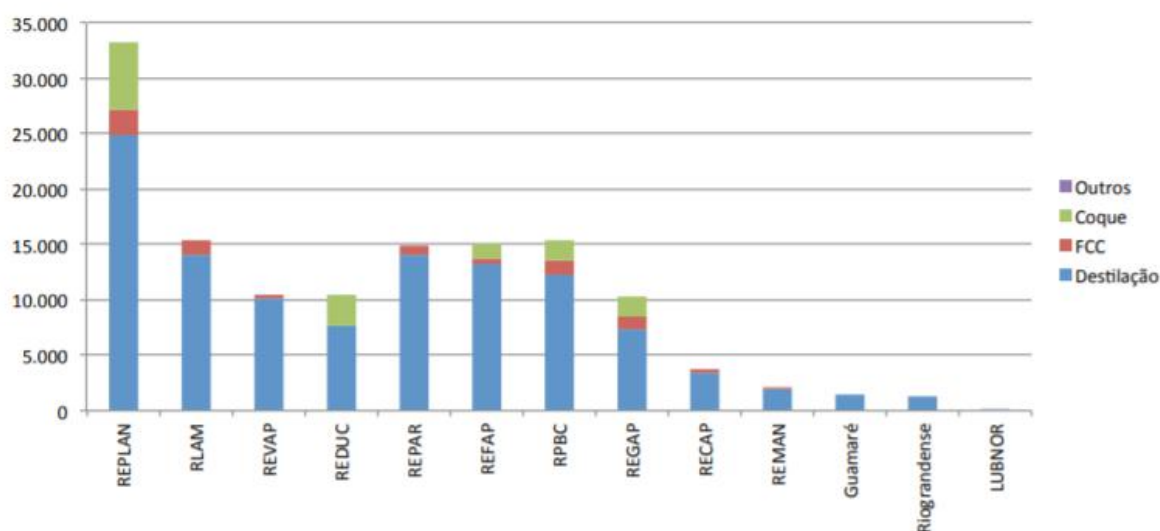
A perda de rendimento depende diretamente do esquema de refino em operação nas principais refinarias, das unidades de hidroprocessamento, dos tipos de petróleo processados e das correntes que compõe o pool de diesel final (SZKLO, 2012).

O pool de diesel era, anteriormente, composto por uma mistura de corrente de destilação direta, craqueamento catalítico, coqueamento e no, caso específico da REMAN, após a expansão, craqueamento térmico brando. As correntes de destilação poderiam ou não passar pelo hidrotratamento, enquanto as instáveis devem passar necessariamente por um HDT para que sejam incorporadas à mistura final (BONFÁ, 2011).

O perfil de produção de diesel das refinarias brasileira em operação em 2010 está representado no Gráfico 9. Apesar da ordem das refinarias existentes seguir a capacidade de destilação, nota-se elevadas discrepâncias entre o rendimento em diesel de cada uma delas. A REPLAN, REFAP e RPBC apresentam rendimentos maiores que 50% da carga, algumas refinarias apresentam menos de 30% de rendimento em diesel, resultado de esquemas de refino voltados à produção de outros derivados, como querosene, gasolina e lubrificantes. Dessa forma, RLAM, REVAP e REDUC apresentam produção de diesel similares a refinarias menores, como REPAR e REFAP (BONFÁ, 2011).

O perfil de produção de diesel das refinarias brasileira em operação em 2010. Apesar da ordem das refinarias existentes seguir a capacidade de destilação, nota-se elevada discrepâncias entre o rendimento em diesel de cada uma delas. A REPLAN, REFAP e RPBC apresentam rendimentos maiores que 50% da carga, algumas refinarias apresentam menos de 30% de rendimento em diesel, resultado de esquemas de refino voltados à produção de outros derivados, como querosene, gasolina e lubrificantes. Dessa forma, RLAM, REVAP e REDUC apresentam produção de diesel similares a refinarias menores, como REPAR E REFAP (BONFÁ, 2011). O Gráfico 5 explicita a produção de óleo diesel por tecnologia de processo.

Gráfico 5. Produção de diesel nas refinarias em operação em 2010, por origem (m³/dia).

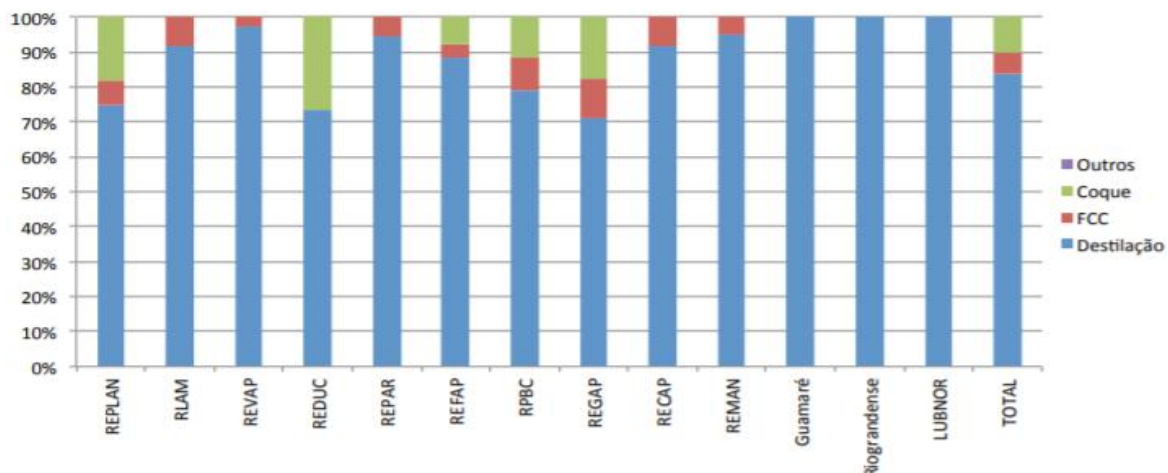


Fonte: BONFÁ, 2011

Como os esquemas de refino diferem entre as refinarias em operação, as origens das correntes que compõe o diesel também variam conforme a refinaria avaliada. Unidades menores, como LUBNOR, Guamaré e Riograndense produzem diesel em quantidade menores e exclusivamente a partir da destilação. Outras refinarias que possuem unidades de coque que são capazes de converter parte de suas correntes residuais em óleo diesel, atuando como HDTs de instáveis de severidade adequada. Como as

refinarias brasileiras foram construídas diante de um cenário de mercado demandante por agasolina, quase todas as refinarias contam com unidades de FCC, levando a incorporação de nafta pesada craqueada e ICO ao diesel, também através de HDTs de instavéis (BONFÁ, 2011).

Gráfico 6. Perfil de produção de diesel nas refinarias em operação em 2010.

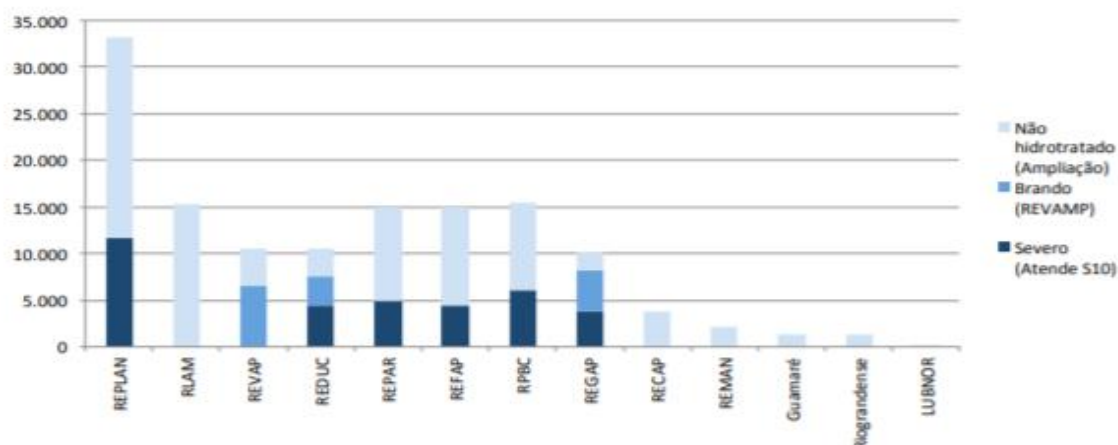


Fonte: BONFÁ, 2011

A produção de óleo diesel S10 está diretamente relacionada à capacidade instalada de hidrotratamento. Em geral, é observada uma baixa capacidade de hidrotratamento, indicando que a produção de diesel é obtida através da mistura de correntes hidrotratadas com corrente de destilação direta, resultado de grandes mercados a serem atendidos com óleo diesel S1800. No Gráfico 6 é possível analisar os processos de obtenção de óleo diesel por refinaria (BONFÁ, 2011).

O Gráfico 7 traz a distribuição dos tipos de processo de hidrotratamento por refinaria, indicando a capacidade de redução do teor de enxofre de cada uma e de atendimento às regulações estabelecidas pela ANP. Percebe-se que apenas a REPLAN, REDUC, REPAR, REFAP, RPBC apresentam uma parcela dos processos de hidrotratamento para obtenção de diesel S10.

Gráfico 7. Produção de diesel nas refinarias em operação em 2010, por tipo de HDT.



Fonte: BONFÁ, 2011

5.4. Produção e consumo de óleo diesel

Atualmente, no Brasil, existem ao todo 17 refinarias que alimentam o país com combustível, entretanto, das 17 que produzem derivados de petróleo, 15 produzem diesel no seu portfólio de produtos. Com os dados Tabela 4, verifica-se que a produção de diesel das 15 refinarias espalhadas em solo brasileiro não atende 100% da quantidade demandada. Dessa forma, é de suma relevância avaliar as demandas das regiões, em como as taxas de importação relativas a cada uma, sabendo que não são apenas fatores regionais e logísticos que afetam o atendimento ao mercado brasileiro, mas também a variação do preço do produto.

Tabela 8. Produção de diesel por refinaria em 2018

Refinaria	Produção de Óleo diesel (m³)
Riograndense (RS)	408.816
Lubnor (CE)	49.257
Manguinhos (RJ)	-
Recap (SP)	1.368.525
Reduc (RJ)	2.686.167
Refap (RS)	3.750.639
Regap (MG)	3.880.792
Reman (AM)	594.606
Repar (PR)	4.161.436
Replan (SP)	8.466.926
Revap (SP)	3.569.772
Rlam (BA)	4.039.614
RPBC (SP)	4.186.794
RPCC (RN)	330.819
Rnest (PE)	3.081.293
Univen (SP)	-
Dax Oil (BA)	5.745
Total	40.581.202

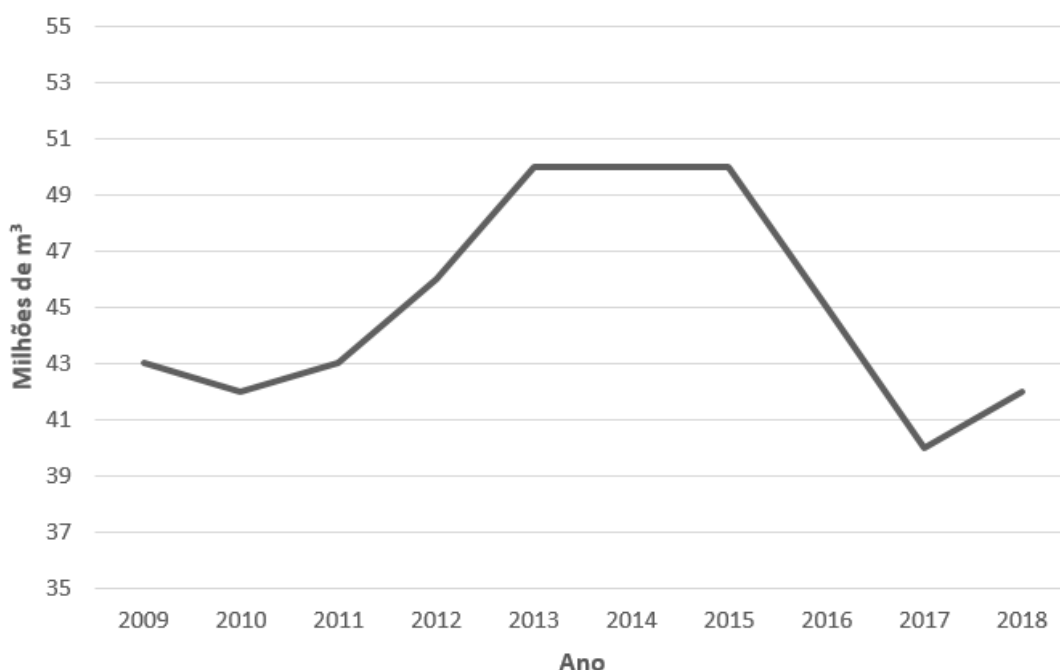
Fonte: ANP, 2018

O diesel é o principal produto de uma refinaria brasileira por ser o derivado de petróleo mais consumido no país. Salienta-se, então, que a produção de diesel tem se tornado cada vez mais complexa a fim manter a qualidade do combustível, devido as exigências sobre as especificações técnicas do produto terem aumentado, exigindo investimentos e consquentes aumentos no custo de produção. A Tabela 8 demonstra a produção da óleo diesel por refinaria.

A introdução das novas especificações do diesel S10 gerou diversos impactos no parque de refino existente, levando em conta que a produção atual, ajustada de acordo com o tipo de petróleo processado e das unidades existentes, buscou maximizar a produção de

óleo diesel ao longo dos últimos anos. A perda de rendimento, conhecida como o quociente entre a produção total de um derivado pela carga processada de referência, estipulada como a carga total das unidades de destilação atmosférica¹⁴, sofreu grande impacto devido a introdução de parâmetros restritivos, abordando termos de destilação, densidade e número de cetanos (SZKLO, 2012).

Gráfico 8. Produção de diesel no Brasil de 2009 a 2018

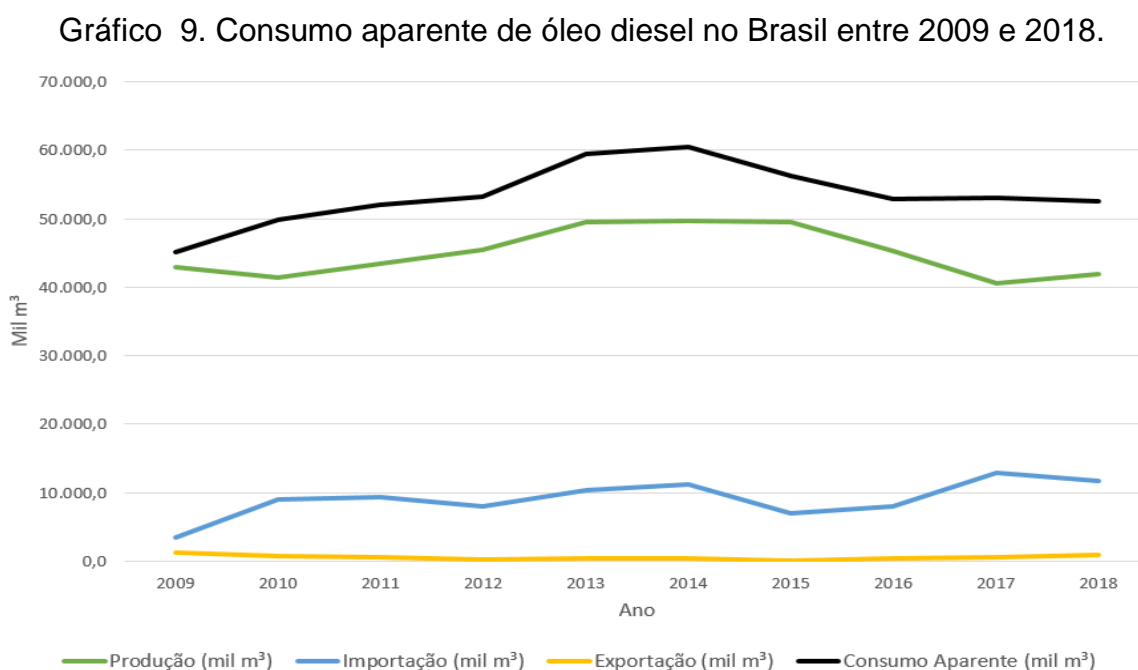


Fonte: ANP, 2019

O Gráfico 8 demonstra que a produção interna de diesel se manteve praticamente constante a partir de 2013 e caiu vigorosamente a partir de 2015, fato justificado pela produção predominante de diesel S10 no Brasil, elevação dos custos operacionais e queda do rendimento da produção do combustível. Assim, o óleo diesel passou a ser importado de modo a cumprir as especificações exigidas pela ANP, reforçando que o aumento do rigor sobre as especificações estimula o mercado brasileiro a importar mais diesel, já que há limitações tecnológicas na refinarias em atividade, especialmente na etapa de redução do teor de enxofre.

¹⁴ Processo de separação das frações do petróleo cru sob pressão atmosférica.

O consumo aparente é um dado importante para compreender o consumo nacional de diesel. Calcula-se a partir da soma do volume produzido e importado menos a exportação, ou seja é possível visualizar qual o comportamento do consumo diesel, através do Gráfico 9. Mesmo levando em conta que o Brasil possui certo volume estocado, este indicador apresenta no decorrer do tempo como funciona o perfil de consumo do país.



Fonte : Anuário ANP, 2019

A partir das tabelas 9 e 10, compreende-se quais são as regiões que mais sofrem com a falta de diesel a partir das refinarias, avaliando onde se encontram as maiores demandas quais detêm a maior produção, consumo e importação.

A seguir podem ser vistos os dados de produção e consumo por refinaria e por estado. Nota-se variações de produção e consumo em uma mesma região.

Tabela 9. Produção de diesel por refinaria no ano de 2018

Refinarias	Produção (m³)
Replan (SP)	8.351.358,00
Repar (PR)	4.812.816,00
Rlam (BA)	4.491.607,00
RPBC (SP)	4.156.282,00
Regap (MG)	3.839.457,00
Refap (RS)	3.825.803,00
Revap (SP)	3.773.706,00
Reduc (RJ)	3.066.302,00
Rnest (PE)	2.954.110,00
Recap (SP)	1.391.132,00
Reman (AM)	505.394,70
Riograndense (RS)	371.466,60
RPCC (RN)	299.193,00
Lubnor (CE)	38.301,40
Dax Oil (BA)	3.536,20
Manguinhos (RJ)	0
Univen (SP)	0

Fonte: Anuário ANP, 2019

Tabela 10. Produção de óleo diesel por região e estado.

Região	Produção (m³)
Sudeste	24.578.237,00
São Paulo	17.672.478,00
Minas Gerais	3.839.457,00
Rio de Janeiro	3.066.302,00
Sul	9.010.085,60
Paraná	4.812.816,00
Rio Grande do Sul	4.197.269,60
Nordeste	3.291.604,40
Pernambuco	2.954.110,00
Rio Grande do Norte	299.193,00
Ceará	38.301,40

Norte	299.193,00
Amazonas	299.193,00
Centro Oeste	0
Total Brasil	37.179.119,90

Fonte: Anuário ANP, 2019

Tabela 11. Consumo de diesel por unidade federativa

Região	Consumo (Venda realizada por distribuidoras em m³)
Norte	5.650.643,72
Rondônia	861.404,5
Acre	151.896,3
Amazonas	1.109.818,7
Roraima	167.222,8
Pará	2.298.643,2
Amapá	95.935,5
Tocantins	965.722,8
Nordeste	8.915.253,8
Maranhão	1.394.892,8
Piauí	517.211,4
Ceará	1.020.918,7
Rio Grande do Norte	445.625,8
Paraíba	431.874,4
Pernambuco	1.341.634,5
Alagoas	356.709,0
Sergipe	313.835,1
Bahia	3.092.552,2
Sudeste	22.320.411,2
Minas Gerais	6.797.426,6
Espírito Santo	1.130.051,7
Rio de Janeiro	2.280.226,6
São Paulo	12.112.706,2
Sul	11.507.363,6
Paraná	5.484.823,7

Santa Catarina	2.459.900,6
Rio Grande do Sul	3.562.639,3
Centro-Oeste	7.235.794,9
Mato Grosso do Sul	1.343.476,5
Mato Grosso	2.839.967,1
Goiás	2.685.955,3
Distrito Federal	366.395,9
Total Brasil	55.629.467,2

Fonte: Anuário ANP2019

Os dados da Tabela 10 explicitam que a produção nacional no ano de 2018 não atende a toda demanda nacional, corroborando com os dados e discussões de tópicos anteriores. A partir dos dados elaborados acima pode ser feita uma correlação com a produção e venda por distribuidoras por região no Brasil. O dado gerado com esta diferença entre a venda e a produção não necessariamente é o valor importado por determinada região, mas o quanto certa região carece em fornecimento do combustível ou apresenta excedente de produção.

Tabela 12. Diferença entre produção e consumo por região em 2018

Região	Δ (Produção e Consumo em m³)
Centro Oeste	-7.235.794,90
Nordeste	-5.623.649,40
Norte	-5.351.450,72
Sul	-2.497.278,00
Sudeste	2.257.825,80
Total Brasil	-18.450.347,25

Fonte: Anuário ANP/2019 – Dados planilhados e calculados

A única região que possui a superávit de produção e consumo é a região Sudeste, ou seja, de toda produção nesta região e de toda a venda na mesma, restam cerca de 2 milhões de metros cúbicos que podem ser distribuídos para regiões mais carentes de produção. A tabela acima evidencia uma grande heterogeneidade entre as regiões do

Brasil, ou seja, a importação é muito necessária para que a demandas de certas regiões do Brasil seja suprida.

Como representado na tabela 12, o Sudeste é a região que mais produz diesel no país e as regiões que mais carecem são a região Centro Oeste, Nordeste e Norte, respectivamente. O volume excedido de produção da região sudeste pode ser escoado tanto para a região sul como para a região centro oeste por questões de proximidade, todavia a carência da região sul é menor que a da região centro oeste, tornando plausível o escoamento do excesso de produção da região Sudeste para o Centro Oeste. Outro fator que corrobora para a proposta do escoamento do volume de produção da região sudeste para a região centro oeste é o fato de a região Sul possui mais terminais aquaviários pela sua proximidade do litoral brasileiro, fazendo com que seja menos oneroso a importação e transporte do diesel para a região Sul. Vale destacar que a região centro oeste não é produtora do combustível, tornando-a vulnerável ao recebimento de outras regiões produtoras.

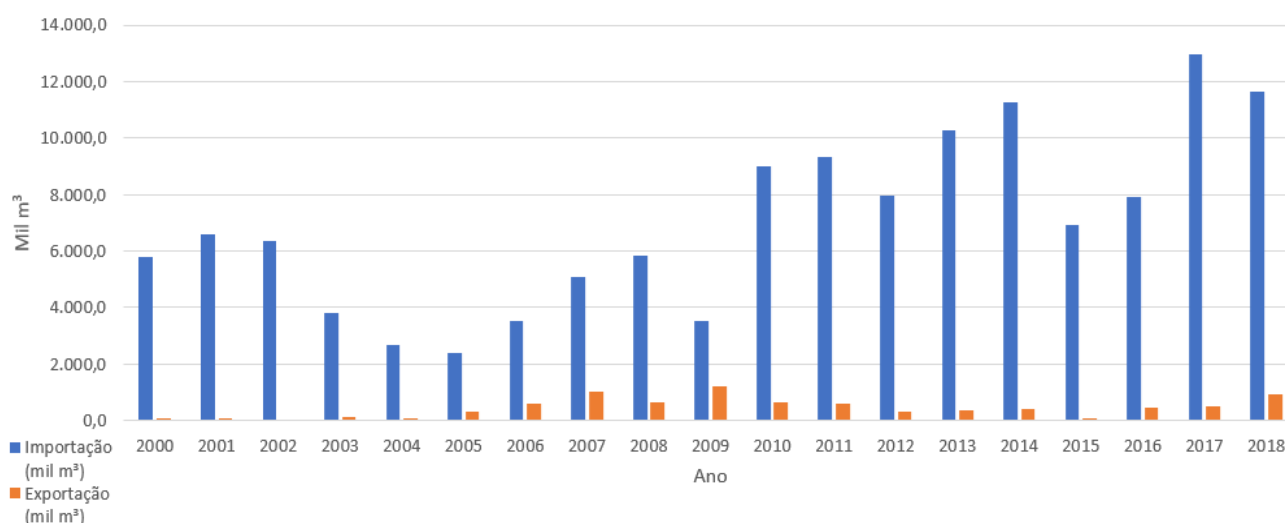
Diminuir a dependência da importação do diesel no Brasil é uma questão estratégica, já que o cenário brasileiro é bastante heterogêneo no que diz respeito a produção e consumo de diesel. A implantação de novas refinarias nas regiões mais carentes de diesel, Centro Oeste, Nordeste e Norte, é uma possível solução a ser implementada para a diminuição da dependência concomitante a investimentos no transporte do petróleo e seus derivados. Ambas as regiões possuem fraca malha dutoviária, acarretando na dificuldade de transporte para o interior do país; esta fraca infraestrutura dificulta o investimento em refino de petróleo nestas regiões.

A região que mais carece da produção de diesel é a região Centro Oeste, que apresentou déficit de cerca de 7 milhões de metros cúbicos no ano de 2018. Além disto, é importante ressaltar que a diferença total no país calculada acima não equivale a importação do combustível, pois deveriam ser atribuídas outras variáveis como exportação, volume de distribuição entre unidades federativas e volume remanescente do ano de 2017 para ter-se exatidão nos dados comparativos.

5.5. Importação e Exportação

Pode-se comparar que os dados de demanda e produção na figura abaixo carregam a informação de que a produção foi decrescida e a demanda pelo combustível aumentou. Isto gera um desequilíbrio na balança comercial do diesel que é equilibrado com o aumento da importação de diesel no Brasil. Como é visto na figura abaixo, a importação de diesel sempre sempre existiu, no entanto ela tem aumentado no decorrer dos anos.

Gráfico 10. Importação e Exportação de diesel entre 2009 e 2018.



Fonte: Anuário ANP/2019

O Brasil tem exportado produtos derivados do petróleo com alto teor de enxofre e importado cada vez mais diesel, pois sua capacidade de hidrotratamento ainda é restrita, dificultando o refino de derivado com alto teor de enxofre, de acordo com as especificações exigidas. A capacidade de hidrotratamento reflete diretamente no volume de importação, pois a necessidade de atender o mercado brasileiro com diesel com 10ppm levou ao crescimento expressivo das importações do produto, enquanto os níveis de importação se mantêm discretos e pouco relevantes, reforçando dependência externa no atendimento à demanda nacional, uma vez que a produção do parque de refino brasileiro não é suficiente para supri-la.

As taxas de importação superiores as de exportação apresentam reflexo negativo na balança comercial¹⁵, que representada na tabela 13, demonstra alto índice de dependência externa no suprimento da demanda do mercado de óleo diesel, que em 2017 foi de 24,70%, representando o aumento considerável das exportações de petróleo cru ao mesmo tempo em que o Brasil se mantém como importador de óleo diesel.

Tabela 13. Balança comercial entre 2013 e 2017

Mil Barril por dia (Bpd)	2013	2014	2015	2016	2017
Importação Líquida de Óleo Diesel	-171	-188	-118	-128	-215
Exportação de Petróleo	381	519	737	798	997

Fonte: ANP, 2018

Na Tabela 14, observa-se a grande dependência da importação do óleo diesel estadunidense, seguido do segundo maior exportador, os Emirados Árabes Unidos. Tais países lideram a importação do diesel, por serem os importadores que possuem o derivado que atende à especificações exigidas no Brasil, o diesel S10. O Brasil possui forte dependência da importação deste tipo de diesel, pois o parque de refino nacional ainda não atende por completo toda a demanda do diesel S10, pode-se citar o caso da RNEST, a mais recente refinaria instalada em Pernambuco da petrobrás com tecnologia para produzir o diesel que atenda as especificações da ANP.

Tabela 14. Importação de óleo diesel por país importador em 2019

Países	Importação de óleo diesel (mil m³)
Estados Unidos	9.788,5
Emirados Árabes Unidos	480,5
Suíça	244,8
Cingapura	217,8
Holanda	215,4
Itália	139,5

¹⁵ Diferença monetária entre importações e exportações de um país em um período de tempo. O saldo pode ser negativo, quando as importações superam as exportações, ou positivo quando as exportações são superiores às importações.

Canadá	134,8
Portugal	131,8
Reino Unido	91,8
Bélgica	76,8
Rússia	73,3
Colômbia	45,1
Omã	9,7
França	0,1
Alemanha	0,0

Fonte: ANP, 2019

5.6. Preço dos combustíveis no Brasil

O plano governamental de 1953 foi transformado na Lei nº 2.004, marcando a criação da Petrobras, cujo principal objetivo era o de desenvolver a produção brasileira de derivados, inserido em um contexto de monopólio. Os produtos obtidos a partir de correntes de hidrocarbonetos são essenciais para a geração de energia em indústrias, movimentação do mercado de transportes, produção de plásticos e um conjunto de produtos petroquímicos com diversas aplicações. Dessa forma, devido à intensa presença no cotidiano, o petróleo é um fator de extrema importância para o desenvolvimento de qualquer país, fato este que justifica a estratégia econômica, dentro de uma perspectiva desenvolvimentista¹⁶, e a necessidade do Estado em se firmar como operador e regulador dessa indústria, em especial nos insumos para o setor de infraestrutura (KERTZMAN, 2002).

A crescente deteriorização de alguns indicadores macroeconômicos destacou falhas e lacunas na regulação econômica advinda do Estado, culminando em uma necessidade de se estabelecer mudanças quanto a interferência do governo na economia. Dentro de uma filosofia mais liberal, orientada a buscar maior eficiência e potencializar investimentos direto no país, iniciou-se o processo de desregulamentação da indústria

¹⁶ Teoria econômica centrada no crescimento econômico, baseado na industrialização e na infraestrutura, com forte intervenção do Estado, visando aumento potencial do consumo.

do petróleo e abastecimento de derivados no Brasil. No início dos anos 90 algumas medidas passaram a ser implementadas a fim de flexibilizar toda a cadeia produtiva do setor, abrangendo as atividades de produção e venda de derivados. O marco do processo de desregulamentação foi a promulgação da Lei do Petróleo¹⁷, concluída no final de 2001. A publicação da nova lei iniciou o processo de transição no qual o Estado, que anteriormente assumiu um papel de operador e proprietário de ativos do setor produtivo, passou a ser responsável por regulamentar e assegurar a liberdade dos agentes privados também atuarem no setor em busca de eficiência, progresso e qualidade de serviços (KERTZMAN, 2002).

A desregulamentação da indústria do petróleo no Brasil foi motivada pela introdução de agentes que possam concorrer com a Petrobras, ampliando o portfólio de fornecimento de produtos derivados de petróleo. Dessa forma, os principais fatores que caracterizam a desregulamentação seriam a entrada de novos players no setor de refino, com a expectativa de aumentar as fontes de suprimentos de derivados para as distribuidoras e novos players no mercado de importação tanto do óleo cru quanto de derivados. O segmento distribuição de derivados não constituía um elemento de preocupação, uma vez que a concorrência já era implantada e estruturada (KERTZMAN, 2002).

As regras da formação de preços dos derivados de petróleo são um fator primordial e definitivo no sucesso da flexibilização de toda a indústria de petróleo. O investimento de agentes privados no mercado brasileiro seriam concretizados apenas se os preços refletissem o seu custo de oportunidade¹⁸, em outras palavras, quando estivesse equiparados e balizados pelas cotações das commodities de referência. Dessa forma, a inserção de concorrência no mercado estava condicionada a um regime de preços livres, contrariando o regime vigente anteriormente, em que os preços eram definidos pela Petrobras e estipulados com base em uma margem sobre custo de produção. Durante a

¹⁷ Lei nº 9.478 de 6 de agosto de 1997, responsável por extinguir o monopólio estatal do petróleo nas atividades relacionadas à exploração, produção, refino e transporte de petróleo no Brasil.

¹⁸ Indica o custo de algo em termos de uma oportunidade renunciada, ou seja, o custo causado pela renúncia de um ente econômico, bem como os benefícios provenientes da oportunidade renunciada ou ainda, a mais alta renda gerada em uma outra aplicação alternativa.

transição de implementação da Lei do Petróleo, foi criada a PPE, parcela de preços específica, que não constituía um tributo, contudo incidia sobre os preços exercidos nas refinarias da Petrobras. Os preços cobrados nas refinarias eram, portanto, controlados indiretamente pelo Estado e não refletiam necessariamente os preços internacionais. Assim, a PPE atuava como instrumento de ressarcimento para as refinarias nos casos em que os preços internos situavam-se inferiores às cotações internacionais e de geração de arrecadação para os momentos em que os preços internos encontravam-se acima dos preços internacionais (KERTZMAN, 2002).

A partir de 31 de dezembro de 2001 os preços dos produtos derivados de petróleo foram completamente liberados, cabendo exclusivamente a cada agente econômico e extinguindo-se subsídios, bem como o controle de preços, caracterizando a livre concorrência do setor. Dessa forma, a PPE foi substituída pela CIDE, Contribuição sobre Domínio Econômico, mudança necessária para eliminar a distorção entre os preços internacionais e os preços internos. A fim de equalizar as condições de competição entre os derivados importados e os produzidos internamente, a CIDE passou a incidir sobre ambos, viabilizando importações e, conseqüentemente, estabelecendo concorrência com a produção da Petrobras (KERTZMAN, 2002).

A Lei do Petróleo criou a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, a ANP, concedendo-lhe a competência de implementar a política energética brasileira, referindo-se aos segmentos de petróleo, gás natural e biocombustíveis, garantindo o suprimento de derivados de petróleo, gás natural e derivados e de biocombustíveis em todo o território nacional. Além disso, a ANP é responsável por proteger os interesses do consumidor quanto a preço, qualidade e oferta de produtos. A agência não controla preços e quantidade de quaisquer produtos. As atribuições legais relativas a promoção da livre concorrência é estabelecida pela Lei do Petróleo (ANP, 2012).

Entre os anos de 2001 e 2010, a Petrobras determinava os preços dos derivados, mantendo-os de acordo com as variações dos preços internacionais, cujos reajustes eram feitos periodicamente. Em alguns momentos os preços ficavam acima das cotações

internacionais, em outros abaixo do mercado internacional. Entre 2010 e 2014, os preços de alguns derivados ficaram sistematicamente abaixo dos preços internacionais, levando pequenas refinarias a sofrerem perdas econômicas (BNDES, 2018).

Recentemente, a Petrobras passou a adotar uma política de preços alinhados aos praticados no mercado internacional, acompanhando todas as variações internacionais. Assim, a frequência dos reajustes passou a ser praticamente diários, como é possível observar no gráfico 13.

Gráfico 11. Preço do produtor de óleo diesel no Brasil e cotação internacional US Gulf (US\$/litro) entre 2002 e 2018.



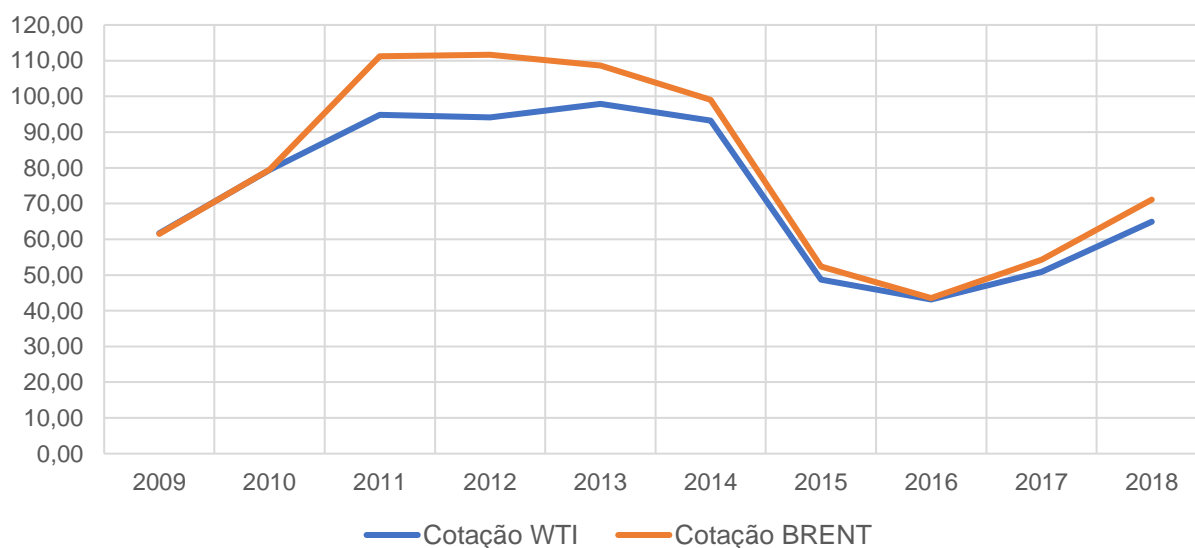
Fonte: BNDES, 2018

A falta de transparência ou regulação na política de preços que alinha o mercado interno com a paridade de importação ou de exportação atua como inibidor de investimentos de capitais privados no segmento, justificado pelo fato de não haver estabilidade nos preços a fim de garantir competitividade no mercado (BNDES, 2018).

A atração de investimentos visando a ampliação da capacidade instalada de refino no país deve ocorrer em função de uma política de regulação transparente a todos os agentes econômicos atuantes no setor, contemplando preços de mercado competitivo ao longo do tempo, ou seja, respeitando a paridade de importação e exportação (BNDES, 2018). Os investimentos mais recentes realizados no parque de refino brasileiro foram o Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro, o COMPERJ e a Refinaria Abreu e Lima, a RNEST. O primeiro investimento diz respeito à construção de uma refinaria de alta

tecnologia, cuja construção foi iniciada em 2008, voltada para a transformação de óleo pesado em derivados e produtos petroquímicos de primeira¹⁹ e segunda geração²⁰, atraindo a instalação de empresas privadas de terceira geração²¹. A previsão de capacidade era de, aproximadamente, 150 mil barris por dia. No entanto, em 2015, a obra do empreendimento foi interrompido devido às super faturações e irregularidades dos contratos e suspensão judicial das licenças ambientais (EXAME, 2013). No caso da RNEST, que iniciou as operação apenas com o trem 1²² com capacidade parcial de 100 mil barris por dia, valor inferior ao projetado, consequência também de irregularidades na execução dos contratos (BIODIESELBR, 2019).

Gráfico 12. Evolução da cotação internacional do petróleo (WTI e Brent) de 2009 a 2018 (US\$/litro)



Fonte: Elaboração própria com dados do US EIA, 2019

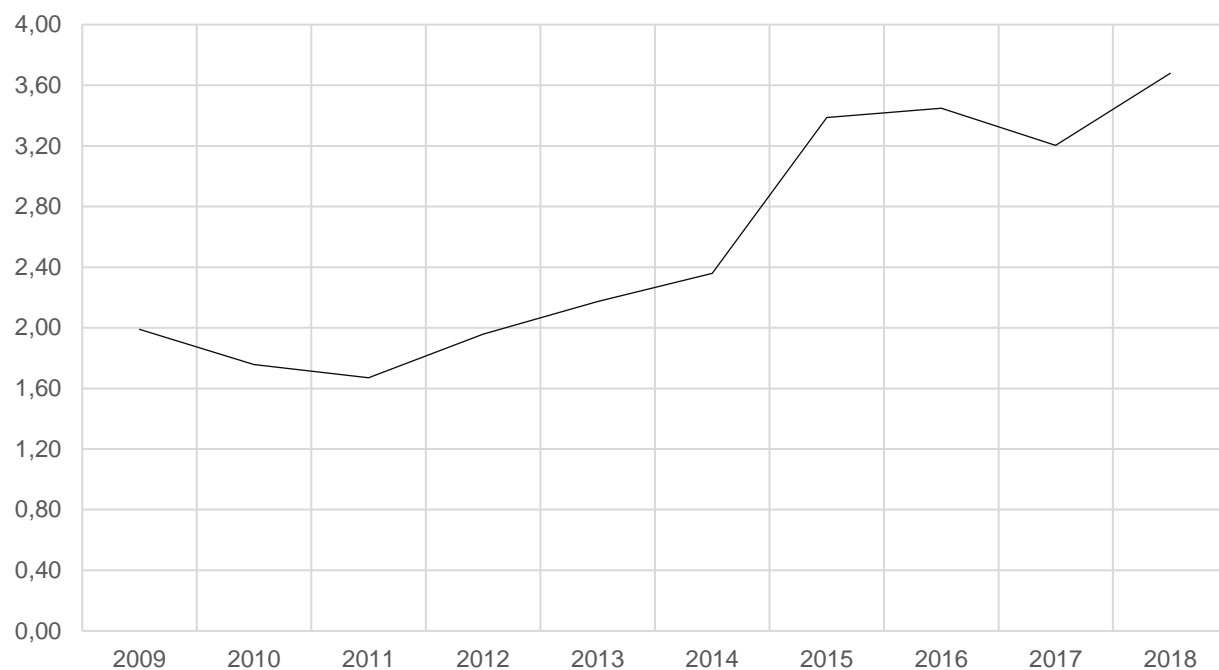
¹⁹ Produtos oriundos da transformação de matérias-primas básicas, como nafta, gás natural, GLP.

²⁰ Produtos oriundos da transformação da matérias-primas básicas, podendo ser utilizados como intermediários em outras indústrias, além de já apresentarem aplicação final nesta fase.

²¹ Produtos que constituem o setor de manufaturados, como fibras beneficiadas, artificiais e sintéticas.

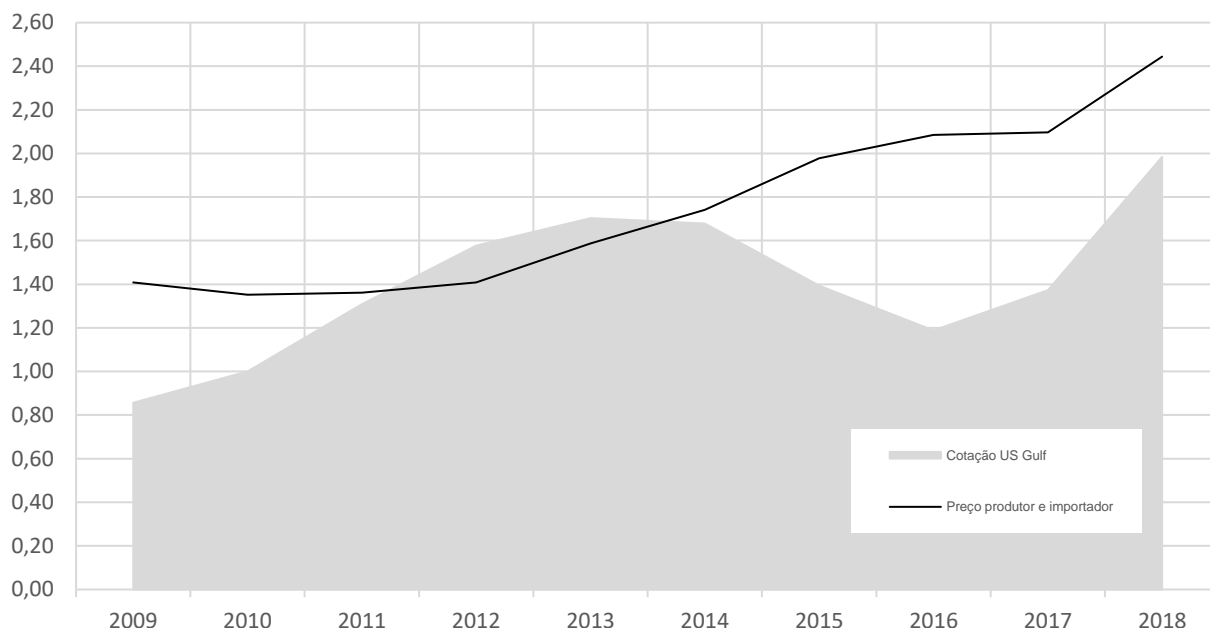
²² O projeto da da RNEST envolvia duas unidades de processamento e refino de petróleo, no entanto apenas uma unidade entrou em operação, o trem 1, limitando a capacidade de produção de derivados.

Gráfico 13. Evolução do câmbio R\$/US\$ americano entre os anos de 2009 e 2018.



Fonte: Elaboração própria com dados do IPEA, 2019

Gráfico 14. Evolução das cotações de óleo diesel e do preço ponderado médio interno do produtor e importador em R\$/litro.



Fonte: Elaboração própria com dados do Anuário da ANP, 2019 e US EIA, 2019

Os gráficos 14, 15 e 16 representam, respectivamente, a variação da cotação internacional do petróleo, medida de dólar por barril. O preço internacional de petróleo cru rege os preços e variações de seus derivados. O gráfico 16 demonstra a movimentação da cotação internacional de óleo diesel, cuja referência é o golfo americano, evidenciando comportamentos e variações similares quando comparado às cotações do óleo cru.

A política de paridade de preços internacionais estabeleceu que a movimentação dos preços internos dos derivados acompanharia as variações do mercado internacional, possibilitando e garantindo a livre concorrência do setor. Dessa forma, os preços do óleo diesel internos passaram a acompanhar as variações, mesmo que diárias, da cotação internacional do derivado. No entanto, percebe-se que as movimentações nem sempre foram paralelas, levando-se a análise para os reflexos das variações da taxa de

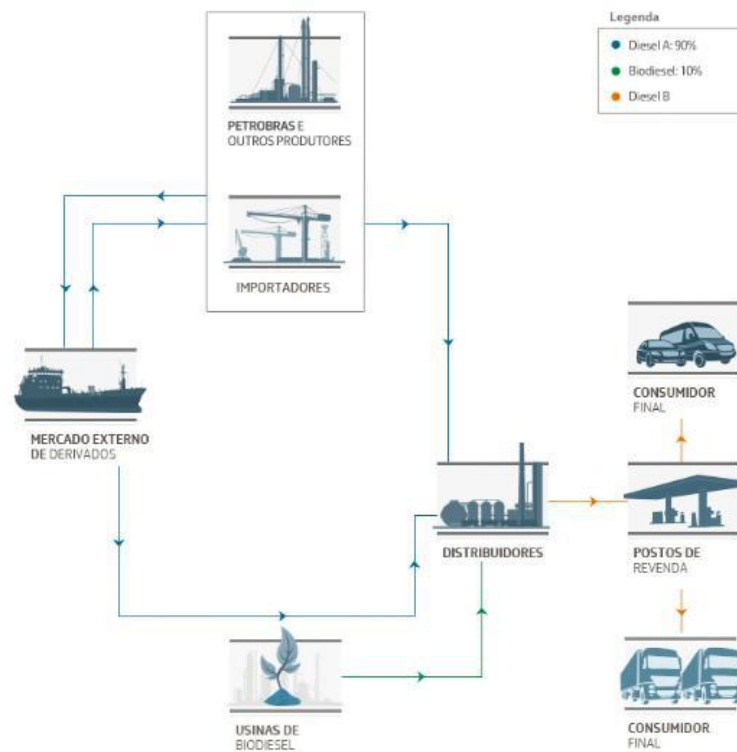
câmbio²³. Nos anos de 2015 e 2016, as cotações do barril de petróleo apresentaram, respectivamente, variações negativas de 48% e 11% para o WTI e 47% e 17% para o Brent. Concomitantemente, as cotações do óleo diesel no golfo americano tiveram quedas de 17% em 2015 e 15% em 2016. No entanto, é observado no gráfico 16 que os preços internos de produtores e importadores apresentaram comportamento inverso ao movimento de queda das cotações do barril de petróleo e do óleo diesel; o aumento nos preços foram de 13,6% em 2015 e 5,4% em 2016. A variação de preços internos é notadamente dependente das variações da taxa de câmbio, que nos respectivos anos aumentou 43,6% e 1,84%, atingindo os patamares mais altos do período analisado, de 2009 a 2018.

5.6.1. Composição de preços de venda para o consumidor

A cadeia de composição dos preços do diesel é formada por diversas parcelas, todas com extrema influência no preço final do combustível. Desde o ano de 2002, com a abertura do mercado de petróleo e seus derivados, garantida pela Lei do Petróleo, os preços dos derivados de petróleo praticados pelas unidades de refino passaram a acompanhar as cotações internacionais e as variações do dólar, baseando-se na paridade internacional de preços.

²³ Taxa de câmbio é o preço de uma moeda estrangeira medida em unidades da moeda nacional, refletindo o custo de uma moeda em relação a outra.

Figura 6. Cadeia de comercialização do diesel

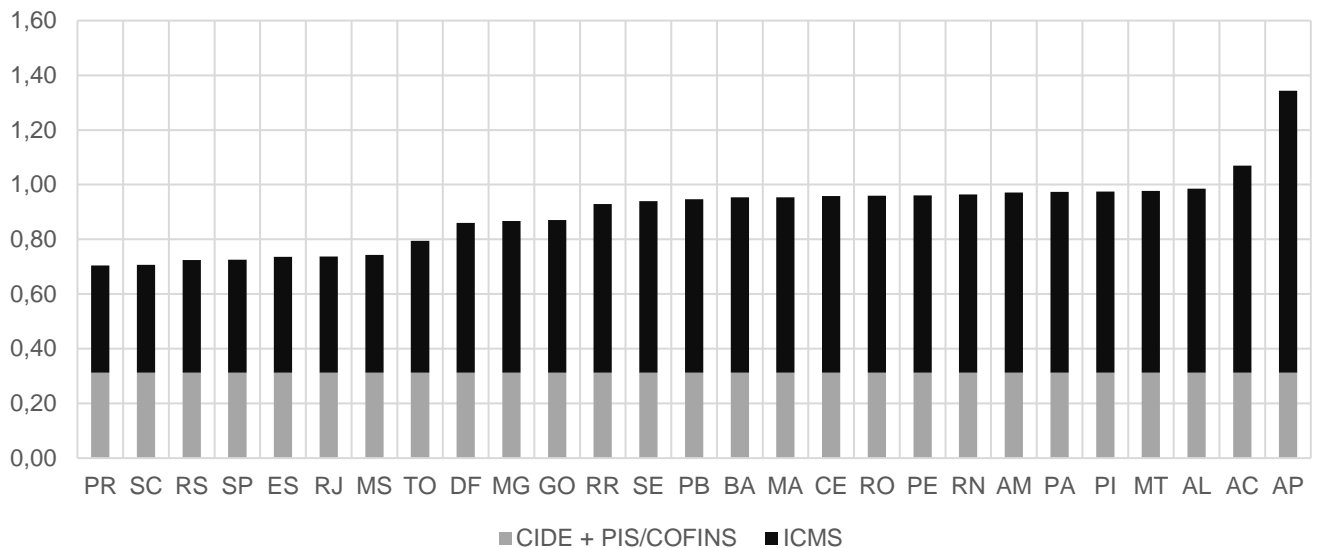


Fonte: PETROBRAS, 2019

O preço final pago pelo consumidor e adquirido no postos de revenda inclui os valores praticados pelas refinarias, representando cerca de 55% do valor total, o custo do biodiesel²⁴, representando cerca de 8%. Os impostos incidentes no combustível são de esfera federal; a Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico, CIDE, e as contribuições para os PIS/PASEP e Confins, totalizando 9% na parcela final do preço; e estadual; o Imposto Sobre Circulação de Mercado e Serviços, com participação de 15%. Por fim, as margens de revenda, incluindo distribuidoras e postos revendedores, representam 13% da composição (PETROBRAS, 2019).

²⁴ Atualmente, a composição do diesel é 89% diesel e 11% biodiesel.

Gráfico 15. Tributos estaduais e federais incidente sobre o diesel por UF.



Fonte: Elaboração própria com dados da Fecombustíveis, 2019

5.7. Logística e Cadeia de Suprimento do Diesel

5.7.1. Logística de Fornecimento de Petróleo

O transporte do petróleo é a primeira fase logística de toda rede de fornecimento do produto final e de interesse deste estudo que é o diesel, ou seja, a matéria prima principal que é o petróleo. Este pode ser transportado a partir de produção interna dos poços do petróleo brasileiro como também do origem externa, ou seja, o petróleo importado de outros países que são transportados para as refinarias brasileiras.

5.7.2. Transporte do petróleo brasileiro à refinaria

Nas plataformas dos campos produtores de petróleo acontece o primeiro tratamento onde é feita a separação de óleo, gás e água e então enviada para as refinarias através de navios petroleiros, oleodutos e gasodutos, estes últimos com tubulações que pode ser terrestres ou submarinas para que haja o transporte pelo oceano até as refinarias. Por este fato, que é uma grande vantagem logística. as refinarias brasileiras estão sempre

em regiões estratégicas, ou seja, regiões não tão distantes do litoral brasileiro para que seja facilitado o transporte do petróleo às refinarias.

A empresa responsável por trabalhar com toda a logística de petróleo no Brasil em sua maior parte é a subsidiária da Petrobrás, Transpetro. Recentemente, a Petrobras iniciou o processo de privatização de vários gasodutos. O órgão que permite empresas fazerem transporte de petróleo e fiscaliza o processo é a ANP. A mesma autoriza, atualmente, que, para oleodutos com extensão maior que 15 km, duas empresas possam atuar neste transporte, uma é a já citada Transpetro e a outra é a Logum. No entanto a Logum no momento só atua com derivados de petróleo, ou seja, produtos refinados de petróleo.

5.7.3. Transporte de petróleo externo a refinaria

A principal diferença no transporte entre o petróleo produzido internamente e o importado é que este é integralmente transportado de outros países para o Brasil através de navios petroleiros. O recebimento deste petróleo oriundo externamente é feito nos chamados terminais aquaviários. Estes lugares são instalações utilizadas para o recebimento, expedição e armazenamento de biocombustíveis, petróleo e derivados.

Após o recebimento do petróleo importado nos terminais aquaviários, o mesmo é redirecionado através de oleodutos, citados no tópico anterior, para as refinarias onde serão produzidos os derivados de petróleo incluindo o diesel. Esta operação de transporte do petróleo importado é comum pois, como já visto, o Brasil ainda importa petróleo em nível considerável para formação do blend com o petróleo brasileiro e favorecer o refino mais eficiente para atendimento das exigências e especificações dos produtos derivados de petróleo no Brasil.

Figura 7. Terminal aquaviário para recebimento de petróleo cru



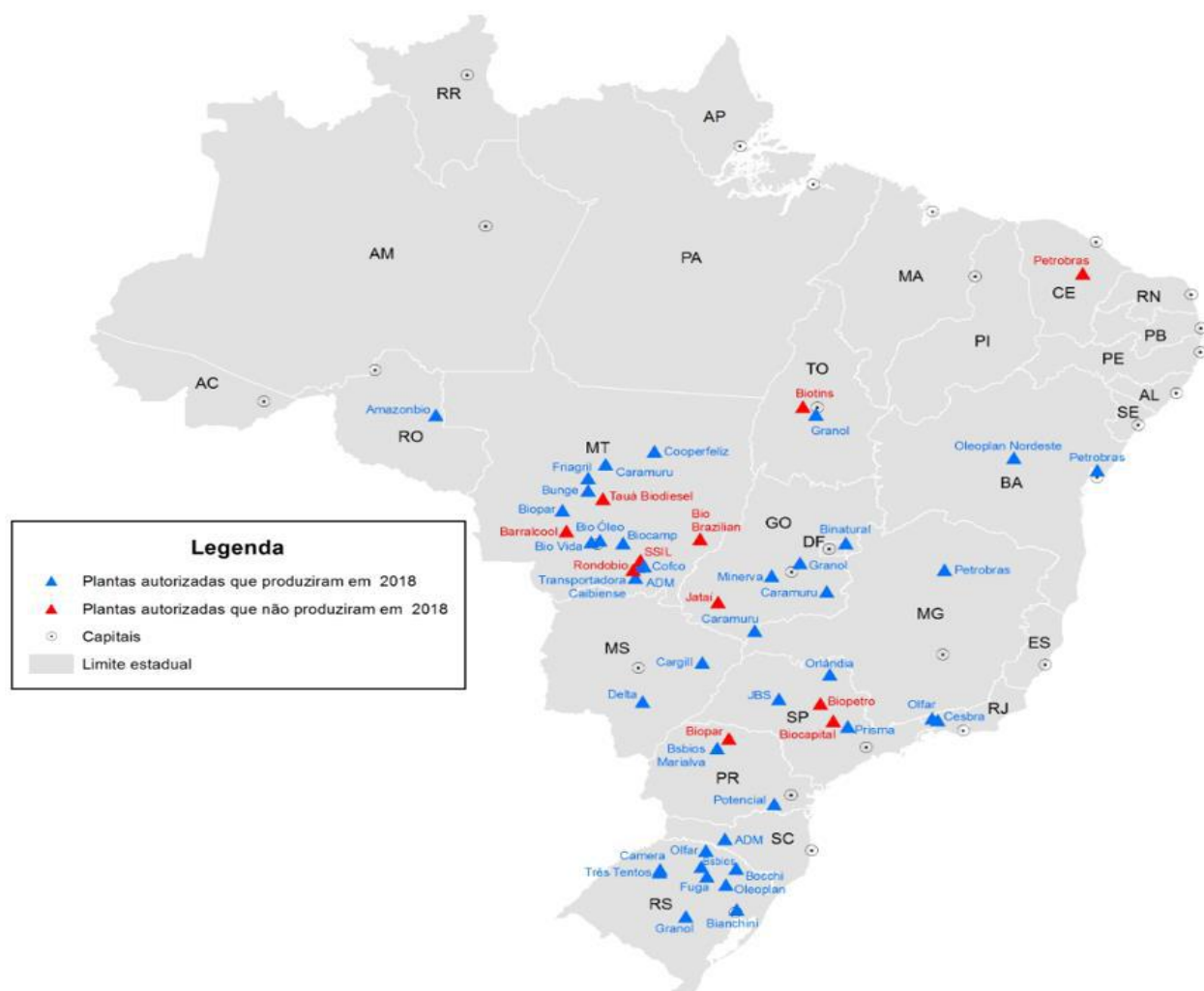
Fonte: Anuário ANP, 2019

5.8. Logística de Fornecimento de Biodiesel

O transporte de biodiesel no Brasil é feito majoritariamente pelo modal rodoviário, no entanto com o avanço das exigências da ANP sobre o aumento percentual anual da adição do biodiesel ao diesel petrolífero, o volume de produção e o volume transportado tem aumentando a ponto de surgirem outros meios logísticos de transporte a exemplo do modal ferroviário, principalmente no sul do país.

O biodiesel é produzido nas usinas distribuídas no Brasil sendo transportados para as bases primárias das distribuidoras por meio de vias rodoviárias, onde é feita a mistura do combustível com o biocombustível. Tais usinas estão em regiões do Brasil que estão afastadas das refinarias, de onde são transportados o diesel.

Figura 8. Unidades de produção de biodiesel no Brasil



Fonte: Anuário ANP, 2019

Tabela 15. Volume de produção de biodiesel por região do Brasil

Região	Produção de Biodiesel (m³)
Região Centro-Oeste	2.215.712
Mato Grosso	1.133.560
Goiás	757.669
Mato Grosso do Sul	324.483
Região Sul	2.198.946
Rio Grande do Sul	1.479.467

Paraná	597.348
Santa Catarina	122.131
Região Sudeste	457.702
São Paulo	233.653
Minas Gerais	127.946
Rio de Janeiro	96.103
Região Nordeste	376.338
Bahia	376.338
Região Norte	101.339
Tocantins	85.107
Rondônia	16.232
Brasil	5.350.036

Fonte: Anuário ANP, 2019

As regiões que mais produzem biodiesel são as regiões Sul e Centro-oeste. Estas localizações fazem com que a malha rodoviária seja majoritariamente utilizada para o escoamento da produção do biocombustível para as bases das distribuidoras. Além do fato de o transporte do biodiesel ser majoritariamente rodoviário, verifica-se também outro fator que impacta negativamente na sua logística, a grande distância das refinarias e terminais terrestres. Isto propicia um grande consumo do diesel para alimentar o modal rodoviário fazendo com que mais caminhões consumam diesel para transportar o biodiesel que será incorporado ao diesel nas distribuidoras.

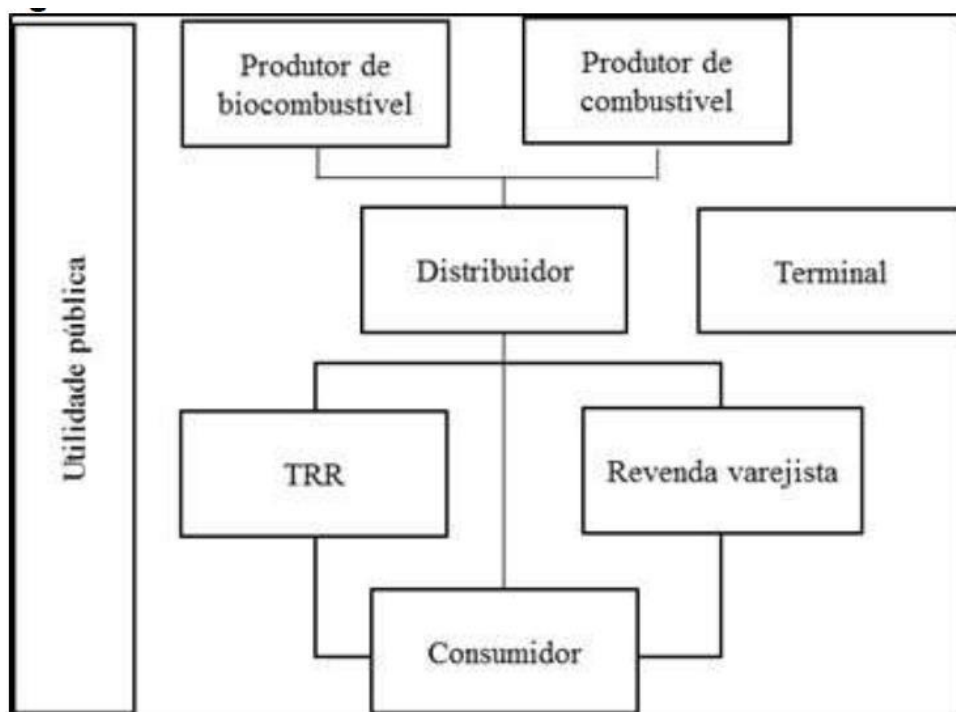
O fato de a malha rodoviária ainda ser majoritária no transporte do biocombustível é um fator extremamente impactante, visto que há uma grande demanda de diesel sendo consumida apenas para o transporte do mesmo biodiesel que é incorporado ao produto, ou seja, o biodiesel, um biocombustível de fontes renováveis de energia proporciona maior consumo do diesel. O Brasil é um país que tem investido cada vez mais em fontes renováveis de energia, elevando cada vez mais a proporção de biodiesel, alcançando o atual B11. Por isso se fazem necessários investimentos proporcionais na malha de

transporte e, assim, possibilitar a diminuição do custo de transporte do biodiesel, sem que haja oneração excessiva no diesel comercial.

5.9. Logística de Fornecimento de Diesel Comercial

O sujeito mais importante deste tópico é a distribuidora. Esta compra o combustível e o biocombustível, realizando a mistura para a venda dentro das especificações exigidas pela ANP e transporta diretamente para o consumidor final ou TRR (Transportador-Revendedor-Retalhista) ou para revendedor varejista, que fará o transporte e revenda do combustível para o consumidor final.

Figura 9. Sistema nacional de abastecimento de combustíveis



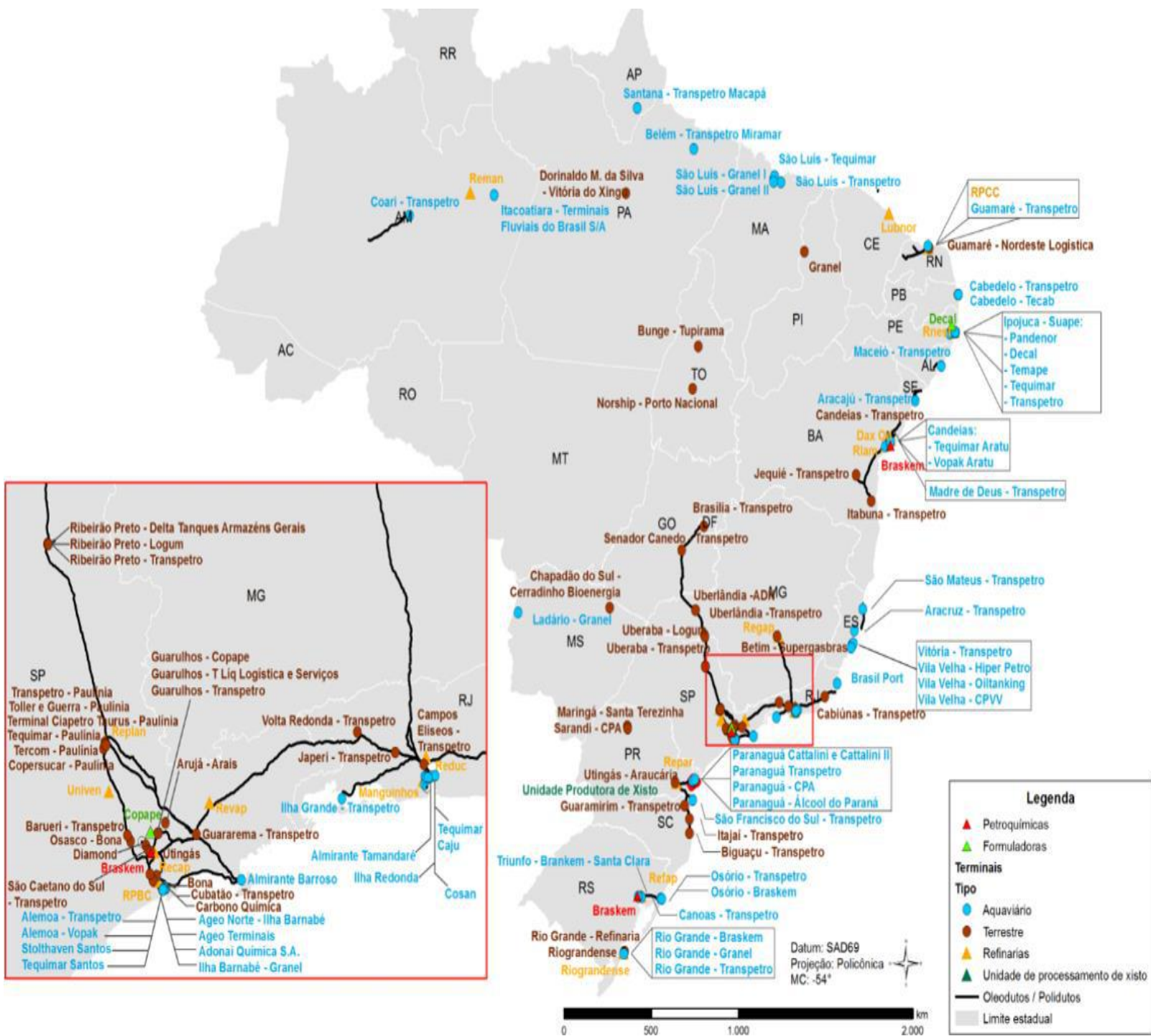
Fonte: ABEPRO - Logística de Combustíveis e Análise Envoltória de Dados, 2016

No Brasil atuam 134 distribuidoras sendo as 3 maiores juntas, BR Distribuidora, Ipiranga e Raízen, possuíam uma fatia de mercado de 70%, no ano de 2018, segundo a ANP. Este valor demonstra o oligopólio das grandes distribuidoras no país, sendo que das três,

a que mais vende diesel é a BR Distribuidora com cerca de 31% do volume total comercializado. Estas empresas possuem bases de recebimento e distribuição de modo a receber os combustíveis dos terminais terrestres da Petrobrás e o biocombustível das usinas certificadas pela ANP, o diesel e biodiesel respectivamente. Tal logística de recebimento faz com que as bases das distribuidoras tenham de se posicionar em posições estratégicas que minimizem o custo com o transporte tanto do diesel como do biodiesel.

Após o recebimento dos combustíveis pelas distribuidoras, cabe a mesma ou uma TRR realizar o transporte dos combustíveis das bases de distribuição aos consumidores finais. O transporte dos combustíveis dos terminais até as bases de distribuição são realizados por oleodutos. Nas bases os combustíveis são armazenados em tanques horizontais ou verticais. No entanto o transporte das bases para o consumidos final, postos de gasolina e diesel, é feito meio de caminhões-tanque.

Figura 10. Infraestrutura de Produção e Movimentação de Petróleo e Derivados



Fonte: Anuário da ANP, 2018

6. Considerações Finais

O óleo diesel deve apresentar especificações técnicas que possibilitem maior eficiência energética dos motores com ciclo diesel, entre elas qualidade de ignição, facilidade de escoamento, facilidade de nebulização para vaporização e mistura com ar adequadas, vaporização apropriada no interior da câmara de combustão, mínima formação de resíduos e cinzas e propriedades não corrosivas.

O refino no Brasil iniciou-se com o objetivo de reduzir a dependência de importação de derivados, estimulando a construção de refinarias ao longo dos anos. A criação da Petrobras foi a responsável por impulsionar e alavancar a indústria de refino brasileira, objetivando o suprimento das demandas do mercado. Dessa forma, o setor de refino sofreu alterações substanciais, uma vez que na década de 1930 a gasolina era o combustível com maior demanda no país e, devido à matriz logístca brasileira ser baseada em rodovias, o óleo diesel passou representar cerca de 42% da produção de derivados energéticos no país. A mudança do perfil de produção de derivados, somada às exigência ambientais de redução de emissões de gases poluentes e à minimização dos teores de enxofre nos combustíveis, exigiram mudanças tecnológicas radicais voltadas para a maximização da produção de óleo diesel dentro dos padrões ambientais exigidos internacionalmente e regulados pela ANP. Assim, o panorama de refino nacional apresenta aumento relevante da capacidade de hidrotratamento, coqueamento e reforma, potencializando a capacidade de destilação e da produção de óleo diesel. Além disso, foram introduzidas unidades de conversão capazes de processar o petróleo nacional pesado, como craqueamento térmico brando. A instalação da RNEST foi também uma ação de expandir a capacidade de produção de óleo diesel com baixo teor de enxofre, o S10, e suprindo os mercados das regiões Norte e Nordeste. No entanto, devido à falta de transparência nas transações e contratos, a Refinaria Abreu e Lima iniciou suas operações com metade da capacidade produtiva, processando 130 mil barris por dia.

A introdução do biodiesel na mistura final do óleo diesel comercial foi uma ação de diminuição das emissões dos gases poluentes, acompanhando os movimentos internacionais em prol do meio ambiente. A proporção de biodiesel exigida pela ANP apresentou crescimento a longo dos anos; em 2009 era de 4% e em 2019 atingiu 11%. A produção nacional de biodiesel é capaz de atender a demanda exigida pelo mercado e pelas regulamentações.

A produção de óleo diesel no Brasil é inferior à quantidade demanda pelo mercado; cerca de 37.000 m³ foram produzidos em 2018, enquanto 55.6000 m³ foram consumidos, reforçando a necessidade de importação do combustível para que o mercado seja atendido em sua totalidade. A dependência do Brasil ao mercado externo de óleo diesel cresceu 24% no ano de 2017, ratificando o país como um importador de derivados de petróleo.

As potenciais produção e consumo estão concentradas na região Sudeste, em que o consumo é inferior a produção, levando a um excedente do produto. As demais regiões apresentam déficit na produção, sendo dependentes de importações e de outras regiões para o suprimento da demanda. O Centro Oeste não apresenta produção de óleo diesel, tornando-o totalmente dependente de óleo diesel vindo de outras regiões. O suprimento do déficit das regiões possibilita aprofundamento posterior, a partir de fatores e indicadores econômicos, ao avaliar a origem do óleo diesel; podendo este ser proveniente da produção nacional ou de importações.

As usinas de biodiesel estão majoritariamente concentradas na região centro oeste do país, logo estão afastadas de onde o diesel é produzido e importado; refinarias e terminais aquaviários. Esta configuração faz com que seja necessário o investimento na infraestrutura da logística de distribuição do biodiesel até as bases de distribuição, de forma a diminuir os custos de transporte com o biodiesel, já que majoritariamente o transporte do biodiesel é feito através de modais rodoviários, logo é necessária a avaliação da viabilidade da construção de oleodutos e ferrovias para transporte de biodiesel até suas bases, acompanhando a perspectiva de aumento na proporção de

biodiesel no diesel comercializado. O preço final do óleo diesel comercializado é diretamente influenciado pelo biodiesel, uma vez que sua contribuição equivale a 8% do preço vendido ao consumidor final.

A elaboração e construção de uma logística de distribuição, envolvendo infraestrutura de modais de transporte, do óleo diesel é essencial para um controle sólido dos custos e do preço final do combustível em um país com grande diversificação e área territorial.

A Lei do Petróleo garantiu a abertura do mercado de refino, fazendo com que os preços dos derivados de petróleo, incluindo o diesel, acompanhassem não apenas as variações da taxa de câmbio, mas também as cotações internacionais de petróleo e diesel. A prospecção e projeção de preços do óleo diesel torna-se inviável, uma vez que os parâmetros que influenciam suas variações apresentam grande imprevisibilidade e são diretamente⁴⁵ dependentes de relações geopolíticas. Os preços do óleo diesel ao longo das unidades federativas do Brasil variam de acordo com os tributos estaduais, o ICMS. Os tributos federais, CIDE e PIS/COFINS, não variam ao longo do território nacional.

Por fim, há a necessidade da concepção e estruturação de um modelo público de planejamento que permita a atuação estratégica mediante uma ótica de Estado e não de governo, visando o atendimento das exigências apontadas em um horizonte de longo prazo.

7. Bibliografia

Agência Nacional Do Petróleo, Gás Natural E Biocombustíveis – ANP. **Anuário Estatístico 2019**. Brasília: ANP, 2019

Agência Nacional Do Petróleo, Gás Natural E Biocombustíveis – ANP. **Resolução nº 798/2019**. Brasília: ANP, 2019

Agência Nacional Do Petróleo, Gás Natural E Biocombustíveis – ANP. **Anuário Estatístico 2018**. Brasília: ANP, 2018

Agência Nacional do Petróleo – ANP. **Histórico da liberação dos preços de combustíveis no mercado brasileiro**.

Disponível em: <http://www.anp.gov.br/component/content/article?id=866>

Acesso em: 05/11/2019

Biodieselbr. **Refinaria Abreu e Lima vai teromar as obras**.

Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/biocombustivel/negocio/refinaria-abreu-e-lima-vai-retomar-as-obras-270619>

Acesso em: 18/11/2019

Bonfá, Marcio Henrique Perissinotto. **Diesel S10 – Impacto Sobre o Rendimento do Parque de Refino Brasileiro em 2020 e Propostas Mitigadoras**. Dissertação de Mestrado (COPPE UFRJ). Rio de Janeiro: BONFÁ, 2011

Duailibe, Allan Kardec. **Combustíveis no Brasil, Desafios e Perspectivas**. Rio de Janeiro. Ed. Synergia, Centro de Desenvolvimento (CEEND): DUAILIBE, 2012

Empresa de Pesquisa Energética – EPE. **Balanço energético nacional 2018**. Brasília: BEN, 2018

Exame. **A obra mais enrolada do Brasil.**

Disponível em: <https://exame.abril.com.br/revista-exame/a-obra-mais-enrolada-do-brasil/>

Acesso em: 18/11/2019

Farah, Marco Antônio. **Petróleo e Seus Derivados: Definição, Constituição, Aplicação, Especificações, Características, Qualidade.** Rio de Janeiro. Ed. LTC, 2012: FARAH, 2012

Independent Statistics & Analysis – EIA, US Energy Information Administration. **Spot Prices of Petroleum and other liquids.**

Disponível em: https://www.eia.gov/dnav/pet/pet_pri_spt_s1_a.htm

Acesso em: 05/11/2019

IPEA Data. **Taxa de Câmbio**

Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>

Acesso em: 05/11/2019

Jurberg, Rodrigo Fernandes. **A Evolução da Indústria Petrolífera Mundial e os Impactos no Comércio Internacional de Petróleo do Século XXI Após o Início da Exploração de Fontes Não Convencionais Pelos Estados Unidos.** Monografia de Bacharelado (UFRJ) – Instituto de Economia. Rio de Janeiro: JURBERG, 2016

Ketzmann, Marco Kelson. **A Desregulamentação do Setor de Petróleo e Abastecimento de Derivados no Brasil.** Monografia de Final de Curso (PUC-RIO) – Departamento de Economia. Rio de Janeiro: KERTZMAN, 2002

Mendes, André Pompeo do Amaral. **Mercado de Refino de Petróleo no Brasil.** BNDES, Rio de Janeiro, v. 24, 2018: MENDES, 2013

Nunes, André Figueiredo. **O Choque do Petróleo de 1973: Estados Unidos, OPAEP e Segurança Energética**. Dissertação de Mestrado (UFRJ – Instituto de Filosofia e Ciências Sociais). Rio de Janeiro, 2016: NUNES, 2016

Oddone, Décio, Agência Nacional do Petróleo – ANP. **O Refino no Brasil**.

Disponível

em:

http://www.anp.gov.br/images/Palestrashttps://exame.abril.com.br/revista-exame/a-obra-mais-enrolada-do-brasil//DecioOddone_19-04-2018-FGV.pdf

Acesso em: 10/10/2019

Petrobras. **Composição de Preços de Venda ao Consumidor**.

Disponível em: <http://www.petrobras.com.br/pt/produtos-e-servicos/composicao-de-precos-de-venda-ao-consumidor/diesel/>

Acesso em 05/11/2019

Petrobras. **Refinaria Abreu e Lima**

Disponível em: <http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/refinarias/refinaria-abreu-e-lima.htm>

Acesso em: 18/11/2019

Proconve P7 – **Diesel e Emissões, a nova legislação 2012**.

Disponível em: http://www.anfavea.com.br/docs/cartilha_proconveP7.pdf

Acesso em: 27/09/2019

Szklo, Alexandre Salem. Uller, Victor Cohen. Bonfá, Márcio Henrique P.. **Fundamentos do Refino de Petróleo Tecnologia e Economia**. Rio de Janeiro. Ed. Interciência (3ªEd), 2012: SZKLO, 2012

UFPEL – **Motores a combustão interna**

Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/mlaura/files/2013/01/Apostila-de-Motores-a-Combust%C3%A3o-Interna.pdf>

Acesso em: 20/08/2019

Valle, Maria Letícia Murta. **Produtos do Setor de Combustíveis e de Lubrificantes**. Rio de Janeiro. Ed. Publit, 2007: VALLE, 2007